Verlag Schnelle
Eberhard und Wolfgang Schnelle GmbH & Co
2085 Quickborn bei Hamburg
Postfach
Postscheckkonto Hmb 1036 76. Global Bank Hamburg 25011
Druck: K. Mayer KG, Stuttgart, Friedrich-Straße 45. Printed in Germany.

GRUNDLAGENSTUDIEN
AUS
KYBERNETIK
UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 3 1962

MIT EINEM BEIHEFT

Die Abhängigkeit unseres Weltbilds von der Länge unseres Moments

aus den

Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen

von

DR. KARL ERNST VON BAER

(1864)

VERLAG SCHNELLE, QUICKBORN BEI HAMBURG

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst- und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht. (GrKG 1, 1960, S. 1)

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint außerhalb des Abonnements in der Regel ein Beiheft.
Preis: 4,80 DM je Heft. Für Angehörige von Lehranstalten 2,88 DM.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug: durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleitung

Verantwortlich für Band 2 und 4, Jahrgang 1961, 1963
Dr. habil. Gerhard Eichhorn
Stuttgart-Möhringen, Steinbrunnenstraße 7

Verantwortlich für Band 1 und 3, Jahrgang 1960, 1962
Dr. Helmar Frank
Karlsruhe-Durlach, Im Haberacker 3c

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées «cybernetique. L'introduction en esthét ique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft" ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres. (GrKG, T. 1, 1960, p. 1.)

Il paraît chaque année 4–6 numéros de 32 à 48 pages, et, en général, un numéro spécial, non inclus obligatoirement dans l'abonnement.
Prix: DM 4.80 le numéro; pour membros des universités et écoles DM 2.88. L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les GrKG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverture.

Rédacteur en chef

pour tome 2/1961 et 4/1963
Dr. habil. Gerhard Eichhorn,
Stuttgart-Möhringen, Steinbrunnenstr. 7 (Germany)

pour tome 1/1960 et 3/1962
Dr. Helmar Frank
Karlsruhe-Durlach, Im Haberacker 3/c (Germany)

Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodological tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books. (GrKG, 1, 1960, p. 1)

GrKG are published in 4–6 numbers each year, with 32–48 pages per number. Normally a special number is edited each year, which may be excluded of subscription if wanted so by subscribers.
Price: DM 4.80 per number. For members of universities and schools DM 2.88. Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The GrKG may be received by booksellers or directly by the publisher.
Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

of volume 2/1961 and 4/1963
Dr. habil. Gerhard Eichhorn
Stuttgart-Möhringen, Steinbrunnenstraße 7 (Germany)

of volume 1/1960 and 3/1962
Dr. Helmar Frank
Karlsruhe-Durlach, Im Haberacker 3c (Germany)

3

Bewußtsein und Kybernetik.

von Karl Steinbuch, Karlsruhe /Baden.

1. Problemstellung.

In dem Buch "Automat und Mensch" (Steinbuch, 1961 a) wurden die Thesen vertreten: "Was wir an geistigen Funktionen beobachten, ist Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen. ... Auf gar keinen Fall scheint es mir wahrscheinlich oder gar bewiesen, daß zur Erklärung geistiger Funktionen irgendwelche Voraussetzungen gemacht werden müssen, welche über die normale Physik hinausgehen."

Diese Thesen sind erwartungsgemäß auf Kritik gestoßen. Eliminiert man aus dieser Kritik alles das, was auf Mißverständnis beruht, so bleibt als ihr wesentlicher Kern die Frage: Kann das Bewußtsein in das Denksystem der Kybernetik eingefügt werden?

Zu dieser Frage sollen zunächst einige Gesichtspunkte zusammengefaßt werden, die in einer früheren Arbeit (Steinbuch, 1961 b) ausführlich dargelegt wurden. Anschließend soll versucht werden zu zeigen, daß die introspektiv gewonnenen Erfahrungen über das Bewußtsein sich aus dem kybernetischen Schema zum Informationsfluß im Menschen zwangsläufig ergeben.

2. Das Bewußtsein in kybernetischer Sicht.

Verschiedene Autoren haben in neuerer Zeit das Bewußtsein zum Thema kybernetischer Untersuchungen gemacht. Es sei hingewiesen auf G. Günther (1957) und M. Bense (1961), die philosophische Gesichtspunkte in den Vordergrund treten lassen, sowie auf H. Frank (196o; 1961 b; 1962 Teil 5), der sich vor allem auf experimentalpsychologische Befunde stützt. In jedem Falle ist der Kybernetiker bestrebt, das Phänomen Bewußtsein auf irgendwelche objektiven (z.B. physiologischen) Tatbestände zurückzuführen. Dies ist wahrscheinlich nicht so aussichtslos, wie man zunächst vermuten könnte. Dafür sollen hier einige Argumente kurz aufgeführt werden.

H. Frank stellt fest, daß der Informationsfluß in das Bewußtsein höchstens 1 Bit je subjektivem Zeitquant (etwa 1/16 Sekunde) beträgt und daß die eingeflossene In-

formation im Bewußtsein etwa 1o Sekunden verfügbar ist. Damit ergibt sich, daß im Bewußtsein maximal etwa 16o Bit enthalten sind. Danach geht die Information teils verloren, teils sinkt sie in das "vorbewußte Gedächtnis" ab. Mit solchen Feststellungen wird also versucht, das zu erklärende Phänomen zunächst einmal quantitativ zu fassen.

Weiter sei daran erinnert, daß durch physikalische Einflüsse auf den Organismus das Bewußtsein recht willkürlich ein- und ausschaltbar ist, und daß durch einige Drogen, durch Alkohol oder durch Rauschgift bestimmte Bewußtseinssituationen reproduzierbar herbeigeführt werden können.

Dann ist auf eine schon von Kant mitgeteilte Erfahrung hinzuweisen: "Daß das Gesicht eines Menschen, das man durch eine Grimasse für sich alleine nachahmt, auch zugleich gewisse Gedanken und Empfindungen rege mache, die mit dem Charakter desselben übereinstimmen." Schließlich sei an die vielerortens durchgeführten Versuche erinnert, Versuchstiere durch in das Hirn eingeführte Elektroden zu Verhaltensformen zu reizen, welche mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmten Bewußtseinsinhalten entsprechen.

Nach all diesen Befunden liegt die Vermutung nahe:

> Jede Bewußtseinssituation entspricht einer physikalisch beschreibbaren Situations des Organismus, vor allem des Nervensystems, aber auch der humoral u. a. wirkenden Organe und umgekehrt.

Hierbei ist es irrelevant, daß die Gesetzmäßigkeit der Zuordnung zwischen Bewußtseinsinhalt und physikalischer Situation im Augenblick meist noch unbekannt ist. Auch die Tatsache, daß infolge der Unschärferelation die physikalische Situation nicht mit beliebiger Genauigkeit angegeben werden kann, dürfte für diese Überlegungen von untergeordneter Bedeutung sein: Einerseits deshalb, weil für die Vorgänge im Nervennetz hauptsächlich die Gesetze der Makrophysik anzuwenden sind, und andererseits, weil stochastische Effekte kybernetisch erfaßbar sind.

Eine zwangsläufige Konsequenz der obigen Vermutung ist die Annahme, daß künstlich aufgebaute technische Systeme ein Bewußtsein haben können. Es wäre für unsere Überlegungen von unschätzbarem Wert, wenn ein physikalisches System von der Komplexität und Struktur des menschlichen Nervensystems aufgebaut werden könnte. Bis zum Beweis des Gegenteils ist zu vermuten, daß ein solches System von sich behaupten würde, es habe ein Bewußtsein.

Leider sind die Kosten dieses Experiments in den nächsten Jahrzehnten noch untragbar groß. Hier stehen drei Fragen vor uns:

a. Kann ein nachrichtenverarbeitendes System (ob Automat oder Mensch), das einer Auswahl verschiedener Verarbeitungsformen fähig ist, Informationen anders als "bewußt" verknüpfen?
b. Hat für ein solches System der in ihm ablaufende Auswahlvorgang (zwischen verschiedenen Verarbeitungsformen) nicht eine andere, exzeptionelle Stellung, nicht vergleichbar mit all den von außen auf das System treffenden Informationskomplexen?
c. Wie ist die Korrespondenz zwischen der Auswahl einer bestimmten Verarbeitungsform, z.B. in einem lernenden Automaten und dem reflexiven Vorgang, der für das Bewußtsein charakteristisch ist?

3. Zum Begriff "Nachricht".

Für das Phänomen "Bewußtsein" sind weder materielle noch energetische Kategorien wesentlich, sondern die Kategorien der Information, besonders der Begriff "Nachricht".

Signale sind physikalische Tatbestände, welche der Übertragung oder Speicherung von Nachrichten dienen können (Zeichenträger). Manche Signale wirken auf bestimmte Empfänger in ganz spezifischer Weise, z.B. der passende Schlüssel auf das Schloß, die elektrische Welle auf den abgestimmten Rundfunkempfänger. Die Verhaltensforschung kennt den Begriff "Schlüsselreiz". Man bezeichnet damit die Erfahrungstatsache, daß manche Lebewesen auf bestimmte Reizkombinationen in ganz spezifischer Weise reagieren. Bestimmte äußere Signale bzw. Signalkombinationen veranlassen den betrachteten Organismus zu bestimmtem Verhalten, z.B. zu Balzhandlungen, zur Abwehr oder zu appetitivem Handeln. Die Wirkung des Schlüsselreizes wird durch den "auslösenden angeborenen Mechanismus" erklärt, der auf spezielle äußere Reizkombinationen selektiv eingestellt ist und bei deren Eintreffen bestimmte Verhaltensformen auslöst. Dieser Vorgang kann mit Matrix-Schaltungen verständlich gemacht werden (Steinbuch, 1961 a, S. 165; 1961 c). Es werden zwei Matrizen gemäß Bild 1 mit den Bedeutungsleitungen zusammengeschaltet (LM-Dipol in ebe-Kopplung). Dieses Modell ordnet dann einer speziellen Reizkombination eine komplexe Reaktion zu. Diese Zuordnung ist bei primitiven Tieren offenbar im Wesentlichen angeboren und unveränderlich, d.h., es liegt keine ausgeprägte Lernfähigkeit vor. Bei höheren Organismen ist diese Zuordnung veränderlich. Vor allem die Untersuchungen des russischen Physiologen I.P. Pawlow

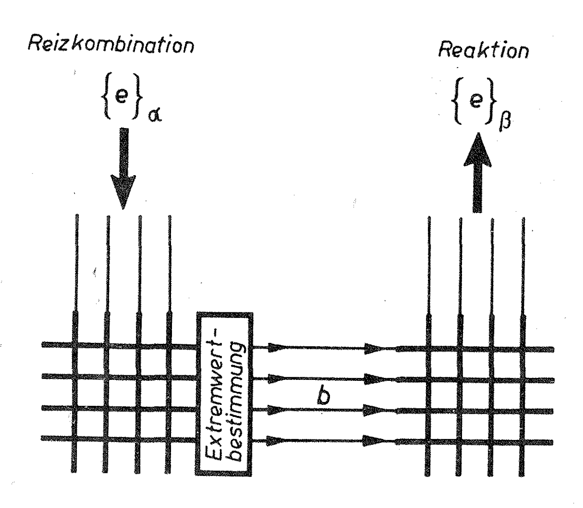


Bild 1: LERNMATRIX - DIPOL

über die "Bedingten Reflexe" haben zu einem teilweisen Verständnis der tierischen Lernfähigkeit geführt. Während also bei primitiven Tieren die Reaktion auf Schlüsselreize durch einen angeborenen Mechanismus bestimmt wird, besteht bei höheren Tieren und beim Menschen die Möglichkeit, zweckmäßige Reaktionen auf äußere Reizkombinationen zu e r l e r n e n.

Hier muß noch auf einen bemerkenswerten Tatbestand hingewiesen werden: Die Wirkung eines "Schlüsselreizes" (ob im ursprünglichen Sinn der Verhaltensforscher oder im erweiterten Sinne der Auslösung e r l e r n t e r Reaktionen) ist in weiten Grenzen unabhängig von der Intensität, mit der diese Reize auf die Rezeptoren treffen. Damit erweisen sich die Reizkombinationen als "Nachrichten". Das Wesen einer Nachricht ist, daß sie ihre Empfänger zu einem bestimmten Verhalten veranlaßt und dieses Verhalten nicht durch die an den Empfänger gelangende physikalische Energie erzwungen wird, sondern daß sie einen im Empfänger vorbereiteten (angeborenen oder erlernten) Mechanismus in Gang setzt.

4. Zum Informationsfluß im Menschen

Bild 2 zeigt ein kybernetisches Schema zum Informationsfluß im Menschen (Steinbuch 1961 a, S. 188). In diesem wurde versucht, einige Erfahrungstatsachen so darzustellen, wie man die Funktion eines komplizierten technischen Systems darstellen wurde. Dieses Schema unterdrückt alle für das grundsätzliche Verständnis unwesentlichen Funktionen. Es nimmt auch keine Rücksicht darauf, in welcher räumlichen Anordnung sich die verschiedenen Funktionsteile tatsächlich befinden.

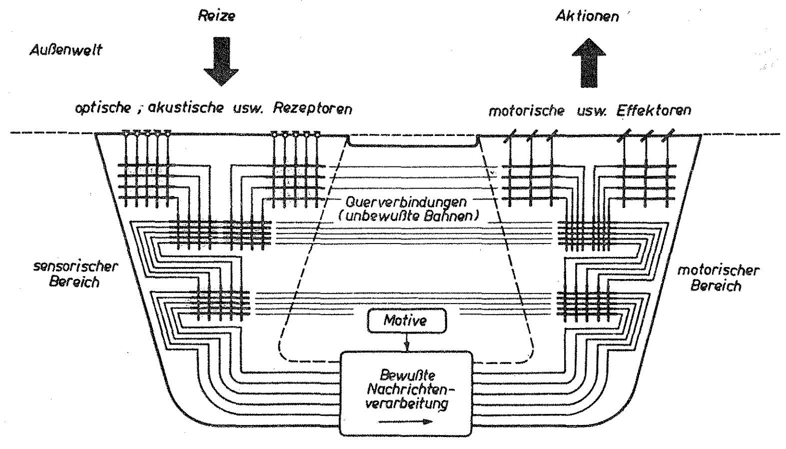


Bild 2: SCHEMA ZUM INFORMATIONSFLUSS IM MENSCHEN

Im vorliegenden Zusammenhang scheint die Feststellung besonders wichtig, daß für die "bewußte Nachrichtenverarbeitung" mit großer Wahrscheinlichkeit anatomisch oder histologisch keine örtliche Fixierung möglich ist. Vielleicht ist diese "Bewußte Nachrichtenverarbeitung" viel eher eine singuläre, über das Nervennetz hinweghuschende Vorbereitung für Schaltungsänderungen. Anschaulich etwa vergleichbar mit dem Licht eines Scheinwerfers, der über eine Landschaft hinweghuscht und in dessen Licht Veränderungen dieser Landschaft vorgenommen werden können. An diesem Vergleich ist nur gefährlich, daß mit der Frage nach dem Operateur des Scheinwerfers überphysikalischen Spekulationen Vorschub geleistet wird. Zweifellos ergibt sich die Bewegung dieses "Scheinwerfers" zwangsläufig auf Grund der Reize aus den verschiedensten Perzeptionsbereichen. Diese Vorstellung trägt auch der Tatsache Rechnung, daß beim Lernen bestimmte Bahnungen zunächst unter Zuhilfenahme des Bewußtseins aufgebaut werden, darnach aber ins Unbewußte absinken. Leider ist diese Vorstellung schwer in einem stehenden Bild darzustellen, man müßte bewegte Bilder haben. Aus diesem Grunde soll für die folgenden Untersuchungen das Schema des Bildes 2 trotz seiner diskutierten Mängel beibehalten werden.

Der Mensch steht mit der Außenwelt in Kommunikation, d.h., er nimmt Informationen auf und er gibt Informationen ab. Die Informationsaufnahme geschieht so, daß äußere Reize auf Rezeptoren treffen und diese zur Aussendung von Nervenimpulsen reizen. Diese empfangenen Reizkombinationen werden im sensorischen Bereich des Nervennetzes verarbeitet. Bei dieser Verarbeitung sind zwei Vorgänge wesentlich: Einerseits findet eine starke Einengung des Informationsflusses statt. Während an der Peripherie durch die Rezeptoren Milliarden von Bit in jeder Sekunde aufgenommen werden können, dringt in die höchsten Schichten nur ein Informationsfluß von maximal 16 Bit je Sekunde (Frank 1959, Teil 3; 1961 a). Dieser Vorgang kann durch geschichtete Lernmatrizen simuliert werden (Steinbuch 1961 a, S. 17o).

Andererseits hat dieser sensorische Bereich des Nervennetzes eine außerordentliche Fähigkeit zur "Invariantenbildung". Darunter soll verstanden werden, daß verschiedene von außen ankommende Reizkombinationen in höchst zweckmäßiger Weise zu Klassen gleicher Bedeutung zusammengefaßt werden. Diese Fähigkeit der Invariantenbildung kann mit technischen Modellen bisher nur in sehr unvollkommener Weise nachgebildet werden. Hier scheint die Natur Schaltungsprinzipien gefunden zu haben, welche dem Techniker noch nicht bekannt sind. Erste Möglichkeiten in dieser Richtung wurden bei der Lernmatrix für nichtbinäre Signale gefunden (Steinbuch und Frank 1961). Nach starker Einengung tritt der Informationsfluß in das Bewußtsein. Zunächst ist dieser Begriff noch unerklärt, man könnte ihn auch ersetzen durch irgendeinen willkürlichen Terminus, z.B. "Computer X". Dessen Funktion kann nun kurz so beschrieben werden: Aus den von der Außenwelt ankommenden Informationen, z.B., daß der Tisch gedeckt sei und den aus dem Innern des betrachteten Systems Mensch kommenden Informationen, z.B. daß die Nahrungsspeicher des Körpers leer seien und schließlich den als Motiven gespeicherten Dauerbefehlen, z.B. "Sorge für Vollsein der Nahrungsspeicher" wird durch logische Verknüpfung der Befehl an den motorischen Bereich gebildet, der unter den genannten Voraussetzungen "Essen!" lautet. Dieser Befehl wird im motorischen Bereich aufgegliedert in eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen, z.B. Hinsitzen, Serviette nehmen, Löffel ergreifen usw., also letztlich in Betätigung vieler Muskeln. Die Betätigung der Muskeln, gelegentlich auch von Drüsen, wie z.B. Speicheldrüsen, können wir als "Aktionen" in die Außenwelt bezeichnen. Sie schließen den Ring der Kommunikation zwischen dem betrachteten System Mensch und der Außenwelt.

Neben den bereits erwähnten Verbindungen des sensorischen mit dem motorischen Bereich über das Bewußtsein gibt es noch unbewußte Bahnen, Querverbindungen zwischen dem sensorischen und dem motorischen Bereich. Diese

sind nicht alle gleichwertig: Es gibt außenliegende, dem Bewußtsein ferne Bahnen und innenliegende, dem Bewußtsein nahe Bahnen. Relativ weit außenliegende Querverbindungen regeln z.B. den Muskeltonus. Relativ weit innen liegende Bahnen regeln z.B. die Auswahl bekömmlicher Speisen. Wichtig für die folgenden Betrachtungen ist es, daß im gezeigten Schema zum Informationsfluß im Menschen die Möglichkeit der Schleifenbildung oder der Rückkopplung besteht. Konkret gesprochen besteht die Möglichkeit, einen rein intern ablaufenden informationsverarbeitenden Kreisprozeß in Gang zu setzen, der sich wie folgt schließt: Sensorischer Bereich, Bewußtsein, motorischer Bereich, unbewußte Bahnen, sensorischer Bereich usw.

Ein Vergleich zwischen dem Schema des Bildes 1, das mir typisch für primitive Organismen zu sein scheint, und dem Schema des Bildes 2, in welchem der Informationsfluß im Menschen gekennzeichnet ist, zeigt als wesentlichen Unterschied:
Im primitiven Fall entspricht einer bestimmten Reizkombination zu allen Zeiten eine und diesselbe angeborene Verhaltensform. Im komplizierten Fall wird die empfangene Reizkombination zuerst mit erlernten Reizkombinationen in Beziehung gebracht, daraus eine Bedeutung abgeleitet, diese nach Motiven in ihrem Nutzen oder Schaden beurteilt und darnach eine Betätigung des motorischen Bereichs und damit eine Aktion ausgewählt.

5. Die fünf Grundfunktionen

In dem gezeigten Schema zum Informationsfluß im Menschen (Bild 2) sind fünf wesentlich voneinander verschiedene Funktionen möglich. Diese sind in Bild 3 schematisch gekennzeichnet:

a) Die "reine Beobachtung". Der Informationsfluß stammt von der Außenwelt, wird im sensorischen Bereich eingeengt und endet im Bewußtsein. Unter "enden" sei hier verstanden, daß keine momentanen Aktionen aus den empfangenen Informationen abgeleitet werden, sondern diese mehr oder weniger vollkommen abgespeichert werden.
b) Die "reine Handlung". Der Informationsfluß stammt aus dem Bewußtsein (genauer gesagt von den im Bewußtsein verfügbaren gespeicherten Informationen) und bewirkt über den motorischen Bereich und die Effektoren (Muskeln, Drüsen usw.) irgendwelche Aktionen in die Außenwelt.
c) Die "unbewußte Reaktion". Der Informationsfluß stammt von der Außenwelt, dringt jedoch nicht in das Bewußtsein ein, sondern bewirkt über unbewußte Bahnen irgendwelche Aktionen in die Außenwelt zurück.

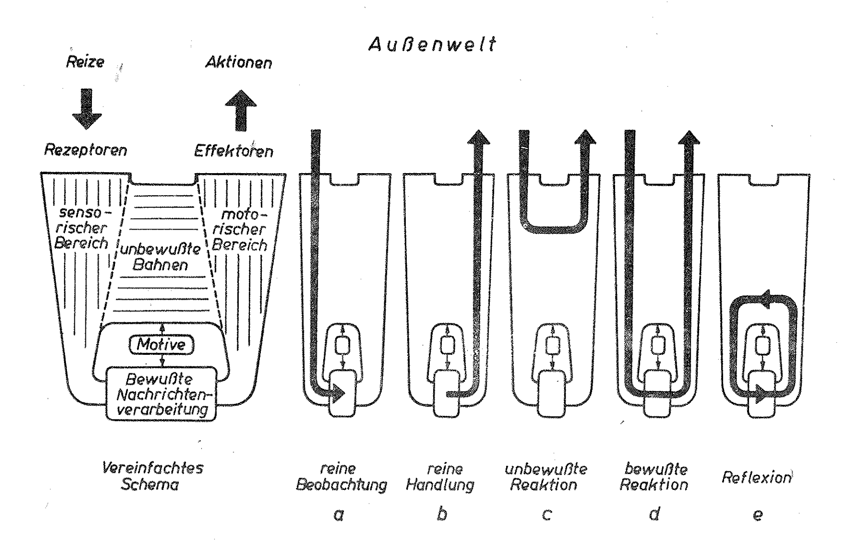


Bild 3: INFORMATIONSVERARBEITENDE FUNKTIONEN DES MENSCHEN

d) Die "bewußte Reaktion". Der Informationsfluß stammt von der Außenwelt, dringt über den sensorischen Bereich in das Bewußtsein ein, durchschreitet dieses, wird dabei meist durch Motive verändert und bewirkt darnach über den motorischen Bereich irgendwelche Aktionen in die Außenwelt zurück.

e) Die "Reflexion". Der Informationsfluß beginnt nicht in der Außenwelt und endet nicht in der Außenwelt, sondern durchläuft eine Kreisbahn der folgenden Art: Sensorischer Bereich, Bewußtsein, motorischer Bereich, unbewußte Bahnen, sensorischer Bereich usw.

Die Funktionen (a) und (b) sind wahrscheinlich nichts als abstrakte Schemata. Bei realen Menschen werden auf Beobachtungen immer irgendwelche Aktionen folgen. Auch ist es schwer vorstellbar, daß von gesunden Menschen eine Handlung ohne jede Rücksicht auf die Außenwelt ausgeführt wird.

6. Die Reflexion als Kreisprozeß

Die Reflexion nimmt innerhalb dieser fünf Funktionen offensichtlich eine Sonderstellung ein. Der Informationsfluß ist bei der Reflexion in keiner Weise an die Aussenwelt gebunden, weder stammt er aus ihr, noch dringt er in sie ein (so daß er über Detailreflexe an sie gebunden wäre). Der Informationsfluß bei der Reflexion ist "frei"; die rotierenden Informationen müssen weder mathematischen und physikalischen Gesetzen entsprechen noch müssen sie in sich selbst folgerichtig und stetig sein. Was bei diesem Kreisprozeß an Informationen rotiert, hängt nur noch ab vom momentanen Zustand des Menschen, in dem der Kreisprozeß sich abspielt, von all

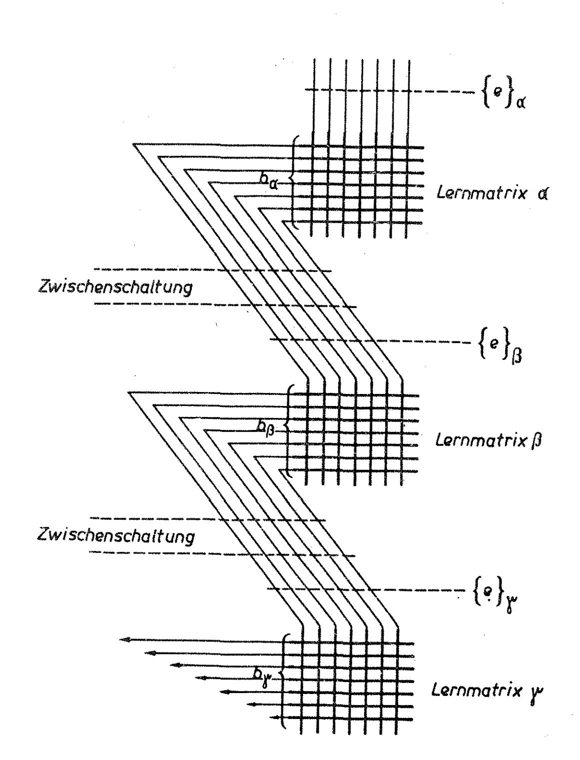


Bild 4: SCHICHTUNG VON LERNMATRIXEN

den richtigen oder falschen Assoziationen. Diese informationsverarbeitende Funktion des Menschen erscheint ihm selbst exzeptionell, sie ist für ihn selbst mit keinem anderen Erlebnis wie Beobachtung, Handlung, bewußter oder unbewußter Reaktion vergleichbar. Diese Funktion erscheint ihm subjektiv so singulär, daß er vermutet, hinter ihr eine ganz neue metaphysische Substanz suchen zu müssen.
Der Kreisprozeß ermöglicht bemerkenswerte Erweiterungen der geistigen Funktionen. Es sei nochmals auf Bild 2 verwiesen. Die Funktion des sensorischen Bereichs können wir uns so vorstellen, als ob Lernmatrizen geschichtet seien. Die Invariantenbildung soll hier übersehen werden. Unter Schichtung sei verstanden, daß die Bedeutungsausgänge einer ersten Lernmatrix mit den Eigenschaftseingängen einer anderen Matrix verbunden sind (Bild 4). Dies sei durch folgendes Beispiel veranschaulicht:

Eine erste Lernmatrix, deren Eigenschaftseingänge mit den Sehnerven verbunden sind, bildet aus dem Schwarz - Weiß - Signalen die Bedeutung der vorliegenden Buchstaben.

Eine zweite Lernmatrix, deren Eigenschaftseingänge mit den Bedeutungsausgängen der ersten Lernmatrix verbunden sind, und daher die Bedeutung der Buchstaben signalisiert erhält, bildet aus diesen die Bedeutung der (erlernten!) Worte.

Eine dritte Lernmatrix, deren Eigenschaftseingänge mit den Bedeutungsausgängen der zweiten Lernmatrix verbunden sind und daher die Bedeutungen der Worte erhält, bildet aus ihnen die Bedeutung der Aussage.

Es ist zu vermuten, daß trotz der sehr großen Anzahl der Nervenzellen die Anzahl der Schichten im sensorischen (und vermutlich auch im motorischen) Bereich gering ist, vielleicht nur drei entsprechend den obigen drei Typen. Durch die geringe Anzahl der Schichten wäre auch die geistige Funktion des Menschen auf eine geringe Anzahl von Ebenen beschränkt.

Der oben beschriebene und im Bild 3 schematisch dargestellte Kreisprozeß bietet nun die Möglichkeit, die Anzahl der Ebenen, in denen sich geistige Funktionen abspielen, durch eine Art Substitution beliebig zu vergrößern. Dieser Prozeß sei als "Überbeobachtung" bezeichnet und folgendermaßen erklärt: Irgendeine Beobachtung der Außenwelt hat "in unmittelbarer Linie", also durch ausschließliche Wirkung des sensorischen Bereichs zu perzipierten Informationen geführt, die dem Bewußtsein angeboten werden. Dieses verarbeitet sie und bildet daraus neue Informationen, die nun aber nicht über den motorischen Bereich nach außen gegeben werden, sondern über unbewußte Bahnen im sensorischen Bereich substituiert und dem Bewußtsein erneut angeboten werden. Hierbei werden unbewußte Bahnen benutzt, deren Funktion irgendwelchen bewährten Algorithmen entspricht. Ergebnisse solcher Kreisprozesse sind alle Metawissenschaften. Solche Überbeobachtungen können nicht nur einmal geschehen, man kann mit Hilfe dieses Kreisprozesses beliebig viele Schichten gei-

stiger Betätigung übereinanderstülpen. Man entfernt sich hierbei immer weiter von der unmittelbaren Beobachtung der Außenwelt. Während nun die ersten Stufen dieser "Überbeobachtungen" zweifellos sehr nützlich sind ("Es gibt nichts praktischeres als eine gute Theorie"), liegt in der Bildung immer weiterer Stufen die Gefahr der Entartung geistiger Funktionen: Das Denken wird weltfremd, es wuchert, es wird Selbstzweck, ohne Nutzen für den Menschen. Die Tendenz, zu immer abstrakteren Formen des Denkens zu schreiten, scheint ein schädlicher Einfluß im Auslesekampf der Kulturen zu sein.

7. Zum Selbstbewußtsein

Zwischen den informationsverarbeitenden Automaten und dem informationsverarbeitenden System Mensch besteht unter vielen anderen auch der folgende Unterschied: Es gibt bisher keine Automaten, die ihre Existenz im Kampf mit der Umwelt verteidigen müssen. Im Gegensatz hierzu ist der Mensch entstanden im dauernden Abwehrkampf gegen seine Umgebung. Diese unterschiedliche Entstehungsart hat ihre Konsequenzen in der Struktur. Die menschliche Peripherie ist überzogen von einigen Hundert Millionen Rezeptoren, welche Außenweltsituationen, insbesondere feindliche Angriffe, sofort melden und entweder reflektorische oder bewußte Abwehrmaßnahmen bewirken. Eine solche Schaltungsstruktur wurde bisher bei Automaten noch nicht verwirklicht, weil sie dort keinem sinnvollen Zweck dient.
Würde jedoch ein genügend großer Automat so organisiert, daß er beständig seine Peripherie durch Millionen von Rezeptoren überwacht und verteidigt, dann könnte dieser Automat zwischen sich und der Außenwelt unterscheiden. Man könnte im Verhalten eines Automaten, der eine von außen bewirkte Veränderung seiner Peripherie zu verhindern oder zu kompensieren sucht, ein Unterscheidungsvermögen zwischen "Ich" und "Außenwelt" sehen.

8. Schlußbemerkungen

Durch die obigen Betrachtungen ist gezeigt worden, daß es in einem informationsverarbeitenden System mit einer Struktur, welche der vermutlichen Struktur des Menschen entspricht, eine Form der Informationsverarbeitung gibt, die abgelöst von der Außenwelt verläuft und für das System selbst exzeptionelle Eigenschaften hat. Was an subjektiv gewonnenen Vorstellungen mit dem Begriff "Bewußtsein" verbunden wird, dürfte auf diesen Typ der Informationsverarbeitung zurückzuführen sein. Der Unterschied zwischen dem subjektiv empfundenen Phänomen "Bewußtsein" und der Einsicht in die Möglichkeiten des informationsverarbeitenden Systems Mensch ist ausschließlich durch den verschiedenen Standpunkt des Beobachters bestimmt. Die

Postulierung eines "Psychophysischen Parallelismus" hat so viel und so wenig Sinn wie die Feststellung, daß eine Büchse von innen anders aussieht als von außen. Es liegt im Wesen der gegenwärtigen technischen Entwicklung, "geistige" Prozesse durch Automaten auszuführen. Hierbei ist die Annahme, "geistige" Prozesse seien dem technischen Denken unzugänglich, eine Behinderung der technischen Entwicklung.

Schrifttumsverzeichnis

Bense, M.: "Bewußtseinstheorie". GrKG 2, Heft 3, 1961. - Frank, H.: "Grundlagenprobleme der Informationsästhetik etc.". Hess, Waiblingen, 1959 (Diss.); "Über grundlegende Sätze der Informationspsychologie". GrKG I, Heft 1, 196o; "Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses". GrKG 2, Heft 1, 1961 a; "Kybernetik - Brükke zwischen den Wissenschaften" Teil IV (Informationspsychologie und Nachrichtentechnik). UMSCHAU 16, Hefte 19 und 2o, 1961 b; "Kybernetische Grundlagen der Pädagogik". Agis-Verlag Baden-Baden, 1962 (im Druck). - Günther, G.: "Das Bewußtsein der Maschinen". Agis-Verlag Krefeld und Baden-Baden, 1957. - Steinbuch, K.: "Automat und Mensch". Springer-Verlag Berlin 1961 a; "Zwölf Fragen zur Kybernetik". Studium Generale 14, Heft 1o, S. 592 - 6oo, 1961 b. "Schaltungen mit der Lernmatrix". In: Lernende Automaten. R. Oldenbourg-Verlag, München, S. 63 - 68, 1961 c. - Steinbuch, K. und Frank, H.: "Die Lernmatrix für nichtbinäre Signale". Kybernetik 1, Heft 3, 1961.

Eingegangen: 15. Dezember 1961

Die Bemühungen des Vereins Deutscher Ingenieure um die Allgemeine Regelkreislehre seit 1939 in Deutschland.

von Hermann Schmidt, Berlin.

Der Verein Deutscher Ingenieure hat vom Jahr 1939 ab eine Forschungsrichtung gefördert, die wir Allgemeine Regelkreislehre oder Allgemeine Regelungskunde nannten, und deren Aufgabenbereich mit der heute "Kybernetik" genannten wissenschaftlich -technischen Entwicklung in engem Zusammenhang steht.

Eine dankenswerte Anregung von K. Steinbuch hat es mir zur Aufgabe gemacht, auf der Lerntagung seines Instituts für Nachrichtenübertragung am 3.11.1961 in Karlsruhe über diese Tätigkeit des Vereins Deutscher Ingenieure kurz zu berichten. Dieser Bericht liegt der folgenden Darstellung zugrunde.

Im Jahr 1939 wurde auf meinen, von G. Ruppel als dem Vertreter des VDI mit voller Zustimmung aufgenommenen Vorschlag hin der VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik gebildet; er hatte besonders die Aufgabe, die Begriffe und Bezeichnungen der Theorie der Regelung zu klären und ihren Geltungsbereich abzugrenzen (vgl. VDI, 1944). Es war von vornherein gewiß, daß dieser Bereich nicht nur die gesamte Regelungstechnik umfaßte, sondern daß zu ihm auch grundsätzliche Aufgaben der Biologie, der Physiologie, Soziologie und der Geisteswissenschaften gehörten.

Im Oktober 194o erstattete der Fachausschuß dem Wissenschaftlichen Beirat des VDI in seiner Vortragsreihe "Die Regelung als technisches und biologisches Grundproblem" einen ersten Bericht, der die grundsätzliche Fassung des Regelungsproblems klären sollte. (vgl. Schmidt, 1941 a, Kramer, 1941 und Trendelenburg, 1941). Nach einem Hinweis auf die Bedeutung der Regelung als technisches und industrielles Problem wurde damals festgestellt: "Über diese mannigfachen technischen Regelungsaufgaben hinaus finden wir die Regelung in der Pflanze, beim Tier und beim Menschen (Sperrung im Original!). Die wesentliche Unveränderlichkeit der Temperatur des menschlichen Körpers, des Blutdrucks, der Pulsfrequenz, das Aufrechtstehen und Gehen sind ein Ergebnis von Regelungsvorgängen. Denken wir auch an die katalytischen Vorgänge im Dienste der Regelung. Die Unveränderlichkeit der Gestalt der organischen Bildungen, die sich nach Verletzungen wiederherstellt, ist ein weiteres Beispiel der Regelung, die ebenso ein Grundproblem der Technik wie der Physiologie ist." In ihrer gegenwärtigen Entwicklungsphase "macht die Technik in der Regelung ein Problem offenbar, mit dem sie, selbst eine Äußerung des Lebens, ihre Verwandtschaft mit dem Grundproblem des Lebens erweist, das ebenfalls Regelung heißt." (Schmidt, 1941 a).

Es wird nichts Neues mitgeteilt, wenn etwa 2o Jahre später R. Wagner in seinem Vortrag auf der Naturforscherversammlung 196o die inzwischen gesammelten Erfahrungen am Ende seines Vortrages "Rückkopplung und Regelung: ein Urprinzip des Lebens" in folgenden Worten zusammenfaßt: "Neu ist erstens bei dieser Betrachtungsweise der Lebensvorgänge nach dem Regelungsprinzip, daß sich die verschiedensten Vorgänge, die bisher überhaupt nicht miteinander vergleichbar waren, auf ein einheitliches, universelles Organisationsprinzip des Lebendigen zurückführen lassen. Vorgänge so verschiedener Art wie Atmung, Thermoregulation, Osmoregulation, Blutdruckregelung ... und noch viele andere mehr, die früher überhaupt keine Gemeinsamkeit aufwiesen, zeigen in ihren Einrichtungen stets dieselbe Organisationsgrundlage. So muß man zur Auffassung kommen, daß Rückkopplung und Regelung ein Urprinzip des Lebens darstellen." (Sperrung im Original: Wagner 1961).

Vom Wintersemester 1938/39 ab habe ich an der Technischen Hochschule Berlin regelmäßig Vorlesungen über die Theorie der Regelung abgehalten - neben denen von A. Leonhard in Stuttgart wohl die ersten in Deutschland (vgl. Bleisteiner und v. Mangoldt, 1961, S. 2) -, in denen der universelle Charakter des Regelungsproblems auch an einer Reihe von außertechnischen Beispielen (Blutdruckregelung, Regelung der Gleichgewichtslage u. a.) besprochen wurde.

Die rege Beteiligung an diesen Vorlesungen und besonders die lebhafte Entwicklung der industriellen Regelungstechnik unterstützten den Gedanken, die allgemeine Regelungskunde als eine die Technische Hochschule und die Universität verbindende Lehr- und Forschungsrichtung an der Technischen Hochschule Berlin vertreten zu sehen. Dem Vorsitzenden des Vereins Deutscher Ingenieure habe ich daher 1941 eine im Oktober dieses Jahres im Druck erschienene "Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik" (Schmidt, 1941 b, 1942) vorgelegt. In dieser Denkschrift wurde ebenfalls die Regelung als technisches, physiologisches, soziologisches und anthropologisches Problem gesehen: "Gerade der Physiologe ist bei der Erforschung der Regelungsvorgänge im Organismus in besonderem Maße gezwungen, zu vereinfachenden Schemata zu greifen. Solche vereinfachenden Schemata findet er in der Regelungstechnik in mannigfacher Form fertig vor, als wenn sie für ihn geschaffen wären." (Schmidt, 1941 b, S. 8). In zeitgemäßer Abänderung des bekannten Wortes von Galilei über das Messen wurde im Hinblick auf Wirtschaft und Sozialpolitik die Forderung erhoben: "Alles regeln, was regelbar ist, und das noch nicht Regelbare regelbar machen." (a.a.O., S. 12).

Die Denkschrift erhielt die Zustimmung des Vorsitzenden des VDI und der interessierten Industrie und bildete die Grundlage für Verhandlungen, die 1944 zur Ein-

richtung des ersten deutschen Lehrstuhles für Regelungstechnik an der Technischen Hochschule Berlin führten (vgl. VDI, 195o, S.45).

Nach 1945 wurde die Arbeit des Fachausschusses für Regelungstechnik in dem VDI/VDE-Arbeitskreis Regelungstechnik in stark erweitertem Umfang aber beschränkt auf die technische Problematik fortgesetzt. Meine Vorlesungen über die Theorie der Regelung, für die sich innerhalb der neun Fakultäten der neuen Technischen Universität Berlin kein angemessener Platz fand, habe ich außerhalb der Fakultäten wieder aufgenommen; die Theorie der Regelung wurde im Rahmen verschiedener Studienrichtungen als Wahlfach und auch für Themen von selbständigen Arbeiten zugelassen.

Der VDI führte in einer Sitzung seines wissenschaftlichen Beirates im Februar 1953 (vgl. Schmidt, 1953, Brüche, 1953 und Moser, 1953) ebenso wie in seiner Tübinger Sondertagung im März 1953 (vgl. VDI, 1953, Kraemer, 1953 a, b; Schmidt, 1953, 1954; Moser, 1958, S.268-277) Vertreter verschiedener Fakultäten (Techniker, Physiologen, Psychologen, Mathematiker, Anthropologen, Philosophen) zu einem Gedankenaustausch über die anthropologische Bedeutung einer Allgemeinen Regelkreislehre zusammen. Beide Zusammenkünfte dienten der Aufgabe, die synthetische Funktion der Regelkreislehre für das Wissen des Menschen von sich selbst zu klären. Diese Bemühungen sind leider bisher nicht fortgesetzt worden; es ist aber wohl mit Sicherheit zu erwarten, daß man im Rahmen der Arbeit der VDI-Hauptgruppe Mensch und Technik auf die Bedeutung der in allen Seinsarten auftretenden Kreisrelation für das Selbstverständnis des Menschen zurückkommen wird (vgl. den Bericht über die Arbeitstagung in Wiesbaden von H. Holz, 1961).

Unabhängig von den vorher kurz geschilderten Bestrebungen setzte nach 1945 in Deutschland die sehr lebhafte, den Impulsen der Amerikaner Cl. E. Shannon und N. Wiener folgende Entwicklung der ebenfalls in der Analogie technischer und organischer Systeme begründeten Problematik ein, durch die sich der Ansatz der Allgemeinen Regelkreislehre besonders durch das Hinzutreten der Informationstheorie zu dem Forschungsbereich entfaltete, der heute als "Kybernetik" weithin bekannt ist. (vgl. Frank, 1961).

Es kann hier nicht die Aufgabe sein, diese sehr bedeutsame, erst in ihren Anfängen stehende, mit bedrückender Schnelligkeit fortschreitende Entwicklung auch nur in großen Zügen darzustellen, denn ein allgemein als verbindlich anerkannter Sinn dieser Entwicklung und eine Systematik ihres gegenwärtigen Standes, die uns erlaubten, die Neuordnung des offenbar in Frage gestellten Verhältnisses von Mensch und Natur, von Subjekt und Objekt vorzunehmen, sind noch nicht ersichtlich.

Schrifttumsverzeichnis.

(Diesem Beitrag liegt das Manuskript zum Vortrag des Verfassers bei der 6. Karlsruher Lerntagung am 3.11.1961 zugrunde.)

Bleisteiner, G. und v. Mangoldt, W.: Handbuch der Regelungstechnik. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961. - Brüche, E.: Die Diskussionstagung des VDI. Phys. Blätter 9 (1953) 133-134. - Frank, H.: Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften. Umschau 61 (1961) S. 417-42o, 461 bis 465, 533-537, 6oo-6o3. - Holz, H. H.: Nur die Philosophie kann das technische Weltbild kritisch deuten. VDI-Nachrichten Nr. 45, 8.11.1961, S. 5-6. - Kraemer, O.: "Die Wandlung des Menschen durch die Technik". Vortragsauszüge und Diskussionsreden, zusammengestellt und bearbeitet. Z.VDI 95 (1953 a, S. 1o77-1o92; VDI-Sondertagung in Tübingen: "Die Wandlung des Menschen durch die Technik". Phys. Blätter 9 (1953 b, S. 233-234. - Kramer, K.: Regelung des Blutkreislaufs. Z.VDI 85 (1941) S. 97-99. - Moser, S.: Technik und Philosophie. Tagung des Wissenschaftlichen Beirates des VDI. VDI-Nachrichten Nr. 7, 4. Apr. 1953, S. 5; Metaphysik einst und jetzt. Berlin, 1958. - Schmidt, Herm.: Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung. Z. VDI 85 (1941 a) 81-88; Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik (herausgegeben 1941 b, Oktober). Neu herausgegeben als Beiheft zu Band II der GrKG, 1961; Die Regelungstechnik. Rundschau Deutscher Technik, Nr. 9/1o v. 14.5.1942, S. 5/6; Der Mensch in der technischen Welt. Phys. Blätter 9 (1953) S. 289-3oo; Die Entwicklung der Technik als Phase der Wandlung des Menschen. Z.VDI 96 (1954) S. 118-122. - Trendelenburg, W.: Die Regelung von Bewegungsvorgängen durch das Vestibularorgan des Innenohres. Z.VDI 85 (1941) S. 93-96. - VDI: Regelungstechnik. Begriffe und Bezeichnungen. Aufgestellt vom VDI-Fachausschuß für Regelungstechnik, Berlin 1944; 100 Jahre Verein Deutscher Ingenieure. Festschrift 195o; 3. VDI-Sondertagung in Tübingen: "Die Wandlung des Menschen durch die Technik". VDI-Nachrichten Nr. 7, 4. April 1953, S. 4. (Mitteilung der gekürzten Vortragsinhalte; die vollständigen Vorträge wurden abgedruckt in Z.VDI 96 (1954), S. 113 ff.). - Wagner, R.: Rückkopplung und Regelung: ein Urprinzip des Lebenden. Die Naturwissenschaften 48 (1961) S. 235-242.

Eingegangen: 9. Dezember 1961

Eine digitale Modelldarstellung des Bedingten Reflexes.

von Siegfried W. Wagner, Karlsruhe.

Die objektive Psychologie (Bechterew 19o2, Pawlow 1926) versucht, grundsätzlich alle Lernprozesse durch die Ausbildung Bedingter Reflexe (BR) zu erklären. Es ist unbestritten, daß zumindest ein Teil der elementaren Lernvorgänge in Organismen auf diese Weise präzisiert werden kann. Alle präzisierbaren Vorgänge lassen sich durch technische, also nicht organische Strukturen, insbesondere durch Schaltungen mit elektrischen Bauelementen simulieren. Modelle dieser Art sind in vielen Varianten in der Literatur beschrieben worden, z.B. bei Kohler (1961). Dabei handelt es sich im wesentlichen um Schaltkreise mit "Gedächtnis"-Kondensatoren und Relais, in denen eine Überlagerung bzw. gegenseitige Beeinflussung von Erregungszustand des BR und Zeitablauf beobachtbar ist, was etwa dem natürlichen Vergessenseffekt entspricht.

Ein Reflex ist ganz allgemein die Zuordnung einer Reaktion r (z.B. Speichelfluß im Pawlowschen Hunde-Experiment) zu einem Reizereignis s (z.B. Futter- oder Glockenreiz im Pawlow-Experiment). Der unbedingte Reflex ist von Anfang an gegeben, meist angeboren (z.B. der durch den Futterreiz bewirkte Speichelfluß). Der bedingte Reflex entsteht dadurch, daß ein zunächst nicht reaktionsauslösender Reiz s_b (z.B. Glockenreiz) mehrmals zusammen mit einem reaktionsauslösenden Reiz s_a (z.B. Futterreiz) auftritt und dadurch schließlich allein ebenfalls zur Reaktion r führt.

Die Zuordnungsfunktion eines angeborenen oder fertig ausgebildeten Reflexes ist zeitunabhängig und durch rein logische Termini beschreibbar. (Wir unterscheiden hier nur die beiden Fälle: "BR gebildet" und "BR nicht gebildet"). Das Zuordnungsverhalten eines solchen Reflexes kann also durch ein, logischen Gesetzmäßigkeiten gehorchendes, Netzwerk in einfacher Weise nachgeahmt werden (z. B. durch einen statischen Zuordner, vgl. Steinbuch 1957). Hingegen ist die Ausbildung und auch die Rückbildung des BR eine Funktion der Zeit. Der Zustand des Reflexsystems wird dabei durch das Eintreten bestimmter diskreter Reizereignisse stufenweise beeinflußt. Bis zum Eintreffen des nächsten Ereignisses muß dieser Zwischenzustand durch einen sogenannten Zeitkanal (Frank 1961) aufrecht erhalten (gespeichert) werden.

Zur Modelldarstellung des BR gehören daher neben Schaltungen zur Realisierung logischer Verknüpfungen wie Konjunktion, Disjunktion, usw. auch Schaltungen mit Speichereigenschaften. Diese Aufgliederung in logische Elemente und Zeitkanäle ergibt sich bei der Verwendung digitaler Schaltungen zwangsläufig. Dabei kommt das Wesen des BR anschaulicher zum Ausdruck als bei den Modellen mit Kondensatoren und Relais.

Im folgenden soll ein Modell beschrieben werden, das unter ausschließlicher Verwendung digitaler Schaltungen aufgebaut ist. Dabei werden folgende Eigenschaften gefordert: Das Signal s_a sei ein Reizereignis, das stets zur (angeborenen) Reaktion r führt. Das Signal s_b sei zunächst nicht reaktionsauslösend, verursacht also keine Reaktion. Nach n-maligem gemeinsamen Auftreten der Signale s_a und s_b soll "bedingt" werden, daß s_b allein ebenfalls die Reaktion r hervorruft. Aus Gründen der Einfachheit soll der Vergessenseffekt hier nicht berücksichtigt werden. Die in Abb. 1 dargestellte Schaltungsanordnung erfüllt die obigen Forderungen.

Erklärungen zu Abb. 1:
Der digitalen (hier binären) Darstellung liegt folgende Kurzschrift zugrunde:

s_a = "1" ; s_b = "1" ; r = "1" : Reize bzw. Reaktion treten auf

s_a = "0" ; s_b = "0" ; r = "0" : Reize bzw. Reaktion treten nicht auf

"1" und "0" sind Binärziffern.

UND-Gatter

Schaltung zur Realisierung der Konjunktion, deren Ausgangssignal y dann "1" ist, wenn beide Eingangssignale x_1 und x_2 "1" sind.

ODER-Gatter

Schaltung zur Realisierung der Disjunktion, deren Ausgangssignal y dann "1" ist, wenn von den Eingangssignalen x_1 oder x_2 "1", oder beide "1" sind.

Schieberegister: Lineare Anordnung von n binären Speicherelementen, die so miteinander gekoppelt sind, daß bei Eingabe eines Signals die im Speicherelement i gespeicherte Information ("1" oder "0") nach Speicherelement i - 1 übertragen (geschoben) wird, wobei das Speicherelement am Anfang des Schieberegisters für eine neue Eingabeinformation frei wird.

Speicherelement: Schaltungsanordnung mit zwei möglichen stabilen Zuständen, denen man die Binärziffern "1" und "0" zuordnet (Beispiele für die Realisierung: Flipflop, Selbsthalterrelais, gepoltes Relais, Magnetwerkstoffe mit rechteckiger Hysteresisschleife usw.).

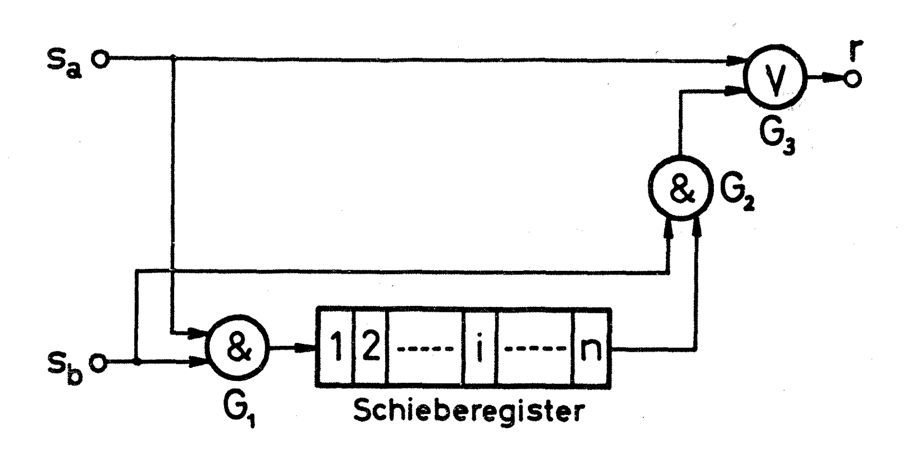


Abb. 1: Digitales Modell eines Bedingten Reflexes.

Wirkungsweise der Schaltung

Die als Kreise gezeichneten Funktionselemente erfüllen die logischen Verknüpfungen, das Schieberegister SR die Aufgabe des Zeitkanals. Das SR dient hier im wesentlichen als speichernder Zähler und wirkt ähnlich wie eine Zeile des Abakus, auf der bekanntlich Kugeln verschoben werden können. Anfangs enthalte das SR in allen n Speicherelementen die Information "0". Beim Auftreten des Signals s_a = "1" erfolgt am Ausgang des ODER-Gatters G_3 stets die Reaktion r = "1". s_b = "1" allein führt nicht zur Reaktion "1" (also r = "0"), da die Öffnungsbedingung für G_2 nicht erfüllt ist. Jedesmal, wenn s_a und s_b zugleich "1" sind, gelangt über G_1 eine "1" auf den Eingang des SR, wobei alle bis dahin im SR enthaltenen Einsen um eine Stelle nach rechts weitergeschoben werden. Dies soll durch Tabelle 1 veranschaulicht werden.

Speicherelement Nr.	1	2	3	4	5
Anfangszustand	0	0	0	0	0
nach der 1. Konjunktion	1	0	0	0	0
nach der 2. Konjunktion	1	1	0	0	0
nach der 3. Konjunktion	1	1	1	0	0
nach der 4. Konjunktion	1	1	1	1	0
nach der 5. Konjunktion (BR gebildet)	1	1	1	1	1

Tabelle 1 - Darstellung des Schiebevorganges für n = 5.

Nach n-maligem gemeinsamen Auftreten von s_a und s_b ist das SR völlig mit Einsen gefüllt. Die in Speicherelement n gespeicherte "1" liegt nun permanent an dem einen Eingang des UND-Gatters G_2, wodurch beim nächsten alleinigen Auftreten von s_b nunmehr ebenfalls die Reaktion r = "1" ausgelöst wird. Damit ist der BR gebildet.

Die in Abb. 1 dargestellte Schaltung hat einen Mangel, der aber bereits in den vorgegebenen Voraussetzungen begründet ist. Wenn nämlich die Ereignisse s_a und s_b stochastisch unabhängig voneinander auftreten, dann bildet sich dennoch der BR, sobald s_a und s_b mindestens n-mal zufällig gemeinsam aufgetreten sind. Diesem Modell fehlt also die Möglichkeit der Zurückbildung des BR während der Bildungsphase, wenn solche Reizkombinationen auftreten, die in Wirklichkeit der Bildung des BR entgegenwirken. Experimentelle Untersuchungen über das sogenannte Wahrscheinlichkeitslernen (Frank 1960, mit weiteren Literaturangaben) haben aber bewiesen, daß der psychologisch relevante Begriff der Wahrscheinlichkeit sich nicht mit dem mathematischen Wahrscheinlichkeitsbegriff deckt. In erster Näherung ist es daher wohl ausreichend, eine Verfeinerung des Modells auf die folgende Überlegung zu gründen: Bei jedem Auftreten der Reizkombination s_a & s_b erfolge (wie bisher) ein Schritt in Richtung zur Bildung des BR; jedesmal, wenn der Reiz s_b nicht vom Reiz s_a begleitet wird, erfolge ein Rückwärtsschritt. In logischer Schreibweise lautet die Bedingung für einen Rückwärtsschritt: $\bar{s}_a$ & s_b (sprich: s_a nicht, und s_b). Es ist $\bar{s}_a$ = "1", wenn s_a = "0". Bei der Realisierung des Modelles muß also das SR so betrieben werden, daß die in ihm gespeicherte Kette von Einsen um eine Eins verkürzt wird, wenn die Kombination $\bar{s}_a$ & s_b auftritt.

Beispiel: Wir bezeichnen das Eintreten der Kombination s_a & s_b mit der binären "1", das Eintreten der Kombination $\bar{s}_a$ & s_b mit der binären "0". Aus einer wech-

selnden Folge der Kombinationen s_a & s_b und $\bar{s}_a$ & s_b ergäbe sich beispielsweise die Binärziffernfolge

1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	2	3	2	3	2	3	4	5	4	3	4	3	4	5	4	5	6	7

Die darunterstehende Zahlenreihe bedeutet die jeweilige Länge der Einser-Kette im SR. Wäre n = 3, dann hätte man bereits nach 3 Schritten die Bildung des BR erreicht, für n = 4 nach 8 Schritten, für n = 5 nach 9 Schritten, für n = 6 nach 18 Schritten und für n = 7 nach 19 Schritten.

Nach diesem Bildungsgesetz kann sich der BR nur dann völlig ausbilden, wenn die Kombination s_a & s_b im Mittel häufiger vorkommt als $\bar{s}_a$ & s_b. Der BR ist dann gebildet, wenn die Differenz der Kombination, (s_a & s_b) minus ($\bar{s}_a$ & s_b), zahlenmässig erstmals den Wert n erreicht. Während der Bildungsphase darf diese Differenz nicht kleiner als Null werden. Tritt dieser Fall dennoch ein, so wird mit dem Zählvorgang stets dann von neuem begonnen, wenn nach einem Überwiegen der Kombination $\bar{s}_a$ & s_b erstmals wieder eine Eins im SR auftaucht.

Die diesen Bedingungen entsprechende Schaltung ist in Abb. 2 dargestellt.

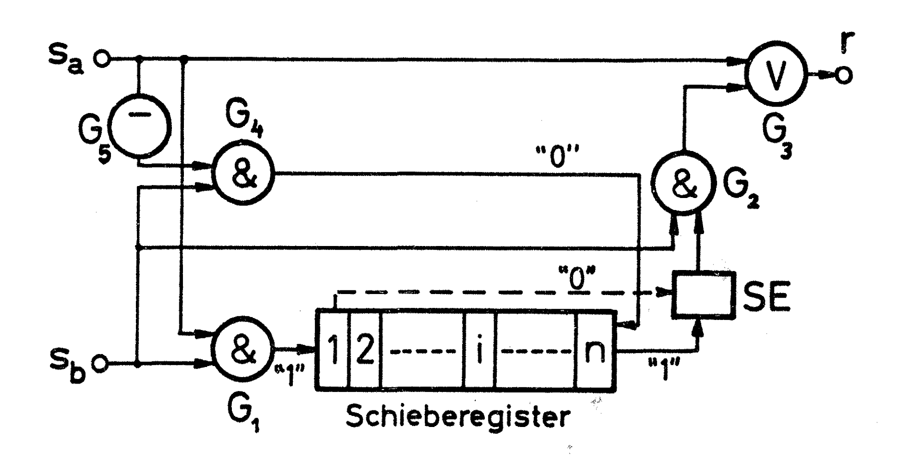


Abb. 2: Modell mit Rückbildungsmöglichkeit

Gegenüber dem Modell nach Abb. 1 kommen hier noch einige logische Schaltungen hinzu: Eine Negationsschaltung (Symbol $\bar{s}_a$), eine weitere UND-Schaltung und außerdem ein separat vom SR angeordnetes Speicherelement SE. Jedesmal, wenn die Kombination $\bar{s}_a$ & s_b vorkommt, erscheint am Ausgang des UND-Gatters G_4 ein Impuls, der so auf das SR gegeben wird, daß die darin gespeicherte Information um eine Position nach links, also in Rückwärtsrichtung geschoben wird. Dadurch reduziert sich der Speicherinhalt um eine "1". Bei s_a & s_b wird wie bisher nach rechts geschoben. Das zusätzliche Speicherelement SE, das sich anfangs in Stellung "0" befindet, dient dazu, daß der BR von dem Zeitpunkt ab gebildet bleibt, wenn der vorgegebene Wert n erstmals erreicht wurde, Dies ist der Fall, wenn in Zelle n des SR eine "1" auftaucht, die ihrerseits SE in Stellung "1" bringt. Auch wenn durch weitere Ergebnisse das SR wieder zurückgeschoben wird, bleibt SE in Stellung "1", so daß der BR aufrecht erhalten bleibt.

Es kann auch gefordert werden, daß ein Rückwärtsschritt nicht nur bei $\bar{s}_a$ & s_b, sondern auch bei s_a & $\bar{s}_b$ erfolgt. Man braucht hierzu im Modell nach Abb. 2 nur eine geringfügige Änderung vorzunehmen, und zwar ersetzt man G_5 und G_4 durch eine Antivalenzschaltung. Die Antivalenzschaltung gibt stets dann einen Ausgangsimpuls ab, wenn nur einer der Reize, s_a oder s_b, auftritt. In logischer Schreibweise lautet die Bedingung für einen Rückwärtsschritt: $(\bar{s}_a \& s_b) \vee (s_a \& \bar{s}_b)$. Die weitere Wirkungsweise ist dann dieselbe wie oben.

Auf ganz einfache Weise kann man schließlich auch noch erreichen, daß sich ein fertiger BR wieder abbaut, wenn die Kombination $\bar{s}_a$ & s_b überhand nimmt. Man braucht nur von der ersten (oder irgendeiner anderen) Zelle des SR dann einen Impuls ableiten, wenn diese wieder auf "0" zurückgestellt wird, und bringt mit diesem Impuls das SE ebenfalls auf "0", so daß s_b allein über G_2 keine Reaktion mehr bewirken kann. Diese Maßnahme ist in Abb. 2 als gestrichelte Linie eingezeichnet. (Mit dieser Ergänzung stellt die Schaltung auch ein Modell für die von Steinbuch 1961 angegebene Indizfunktion dar, die auf Grund vorangegangener Ereignisse aussagt, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß eine gegebene Eigenschaft kennzeichnend für eine bestimmte Bedeutung ist).

Mit obigen Ausführungen sollte lediglich gezeigt werden, wie sich einige elementare physiologische Tatbestände beim BR modellmäßig darstellen lassen, und daß das Reflexverhalten auf diese Weise anschaulich beschrieben werden kann. BR können in Wirklichkeit erheblich komplizierter sein. Man kann natürlich an ein Modell noch weitere Anforderungen wie oben stellen, wie es beispielsweise bei Zemanek, Kretz und Angyan (1960) und Kretz (1961) geschehen ist. Bei einem von diesen Au-

toren beschriebenen Modell können bis zu 6 Reize verarbeitet werden und 6 verschiedene Reaktionen auftreten. Außerdem wird dort auch der Vergessenseffekt durch eingebaute Zeitschalter nachgeahmt, die ähnlich wie die Zeitsteuerung einer elektrischen Treppenhausbeleuchtung wirken. Schließlich können damit auch noch weitere Effekte wie z.B. innere und äußere Hemmung, Generalisierung und Diskriminierung des BR nachgebildet werden. Damit ist bewiesen, daß man auch sehr komplizierte Reflexbildungen modellmäßig realisieren kann.

Schrifttumsverzeichnis

Bechterew, Wladimir: Objektive Psychologie. 19o2, deutsch 1913. - Frank, Helmar: Über das Intelligenzproblem in der Informationspsychologie. GrKG 1, H.3, S. 85 - 96 (196o). Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses. GrKG 2, H.1, S. 17 - 24 (1961). - Kohler, Ivo: Pawlow und sein Hund. Kybernetik 1, H.1, S. 54 - 56 (1961). - Kretz, H.: Vollständige Modelldarstellung des Bedingten Reflexes. In: "Lernende Automaten", R. Oldenbourg, München 1961. - Pawlow, Iwan Petrowitsch: Die höchste Nerventätigkeit (das Verhalten) von Tieren. Deutsch 1926. - Steinbuch, Karl und Endres, H.: Elektrische Zuordner. Nachrichtentechn. Z. 10, H. 6, S. 277 - 288 (1957). - Steinbuch, Karl: Die Lernmatrix. Kybernetik 1, H.1, S. 36 - 45, (1961). - Zemanek, Heinz; Kretz, H. und Angyan, J.: A model for neurophysiological functions. Fourth London Symposium on Information Theory, 1960.

Notizen über Organisationsmethodik und Kybernetik.

von Eberhard Schnelle, Barmstedt/Quickborn

1. Vom Betriebsorganisator ebenso wie vom Architekten werden noch heute vor allem zwei Fähigkeiten verlangt: die Improvisationsfähigkeit und die Intuition. Improvisation und Intuition basieren aber auf Mangel an Information. Der Glaube an Improvisation und Intuition ist daher eine Hoffnung auf Wunder.

2. Die hierarchische Gliederung in Staat und Wirtschaft war zur Zeit ungenügender Kommunikationsmittel als Kanalisationssystem für Information gedacht. Heute wird sie umgekehrt mit dem Hinweis verteidigt, die Spitzen der Hierarchie seien mangels genügender Information zu raschen Entscheidungen befähigt. Diese Entscheidungen sind dann aber nicht mehr als Zufallsgrößen und werden nur akzeptiert, weil sie durch die Machtmittel ihrer Quelle (des "Kapitäns") sanktioniert sind.

3. Der wirkliche Informationsfluß folgt heute nicht mehr den traditionellen Organisationsschemata. Organisatoren (des Betriebs wie des Bauens) spüren ihm (als Kybernetiker ohne kybernetische Ausbildung, also mit unzureichenden Mitteln) auf, und erheben ihn dort zur Norm, wo sich die Prozesse in genügender Übereinstimmung wiederholen. Da eine Theorie des Organisierens noch fehlt, verfällt man aber in einmaligen Fällen oder bei Neuplanungen sofort wieder auf das überalterte hierarchische Schema. Erforderlich ist eine kybernetisch begründete Methode des Planens von Planungen.

4. Das Ergebnis einer solchen Methode könnte sein, daß das Regelbare geregelt und das Nichtregelbare regelbar gemacht werden muß (H. Schmidt, 1941). Regelung heißt dabei nicht Subordination sondern Koordination, nicht Befehlen und Gehorchen, sondern Zusammenarbeit. Gebraucht werden nicht Führungskräfte, sondern Menschen, die methodische Koordination und Kooperation gelernt haben. Der Idealzustand ist dort erreicht, wo die "Kapitäne" eingespart werden konnten.

Schrifttumsverzeichnis.

(Dieser Beitrag stellt die Zusammenfassung eines Vortrags dar, den der Verfasser am 3.11.1961 bei der 6. Karlsruher Lerntagung hielt.)

Schmidt, Herm.: Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik. Privatdruck 1941 (2. Aufl. GrKG II, 1961, Beiheft).

Eingegangen: 3. November 1961

Kausalität und Information als Problemkomplex einer Philosophie der Kybernetik.

von Helmar Frank, Waiblingen/Karlsruhe.

1. Kybernetik und Philosophie. Verglichen mit der Relativitätstheorie und der Quantentheorie scheint das fachphilosophische Interesse an der Kybernetik vorläufig noch relativ gering zu sein. Das Fehlen eines wenigstens halbwegs präzisen, allgemein akzeptierten Begriffs der Kybernetik mag einer der Gründe dafür sein.

Die Kybernetik bezeichnet gemäß den gängigen Erklärungen gewisse Bestrebungen, verschiedene wissenschaftliche Disziplinen vermittels einheitlicher Gesichtspunkte (unter denen die Gesichtspunkte der Information und der Regelung meist besonders hervorgehoben werden) durch eine gemeinsame Methodik zu verbinden; damit hängt aufs Engste zusammen der Vergleich von Prozessen aus dem Gegenstandsbereich einer Wissenschaft mit formal entsprechenden, von einer anderen Disziplin untersuchten Prozessen, also auf technischer Ebene die Simulierung biologischer, psychologischer oder logischer Prozesse durch die informationsverarbeitende Maschine, die auch "kybernetische Maschine" genannt wird. - Eine genauere Definition muß berücksichtigen, daß die Kybernetik weder als spezielle technische noch als spezielle wissenschaftliche Disziplin gefaßt werden kann, daß vielmehr die Kategorie des Machens und Beherrschens ebenso wie jene des Erkennens und (im Gedächtnis) Behaltens mit dem Begriff der Kybernetik verknüpft sein muß. Ferner erscheint angesichts der technischen Zielsetzung der Kybernetik, nämlich die Vertretung des Menschen durch ein technisches System beim Vollzug "geistiger Prozesse" zu ermöglichen, die Bemerkung von Gotthard Günther (1957, S. 16) wesentlich, "daß Subjektivität und Selbstbewußtsein ebenfalls als 'existente' Größen vorausgesetzt werden müssen, wenn kybernetische Theorien möglich sein sollen." Diskutiert man nach diesen Überlegungen die kybernetischen Grundanliegen durch (vgl. Frank, 1961, S. 417 - 418), dann bietet sich folgende Definition an:

"Kybernetik ist die, mit dem begrifflichen Werkzeug der mathematischen Informationstheorie erfolgende, Erforschung oder technische Beherrschung des Problemkreises der Aufnahme, Verarbeitung und raum-zeitlichen Übertragung von Nachrichten innerhalb oder zwischen Systemen, wobei erstens davon abstrahiert wird, ob diese Systeme physikalisch, physiologisch oder psychologisch zu kennzeichnen sind, und zweitens zur Erleichterung des Verständnisses und des Entstehens neuer Forschungsansätze (also aus heuristischen Gründen) die Betrachtung so gewählt sein kann, als ob die genannten informationellen Prozesse bewußt erfolgten." (Frank, 1962).

Zweierlei könnte man in dieser Definition vermissen: die Regelungstheorie und die kybernetischen Modelle. Beides ist aber in ihr enthalten. Denn ein Regler ("Lotse") ermittelt aus dem aufgenommenen IST-Wert, z.B. durch Vergleich mit dem in ihm gespeicherten (d.h. in Zeitrichtung übertragenen) SOLL-Wert, die abzugebenden Steuerbefehle, leistet also typische Prozesse der Aufnahme, Verarbeitung und Übertragung von Nachrichten. - Modelle andererseits sind homöomorphe Abbildungen des zu untersuchenden Objekts, dessen unwesentliche Merkmale (mit Rücksicht auf die "Enge des Bewußtseins", also aus heuristischen Gründen) unberücksichtigt bleiben; die Abbildung geschieht auf sprachliche Objekte (begriffliche Modelle; z.B. auch algebraische Ausdrücke), auf Objekte der Vorstellung (anschauliche Modelle; z.B. F. Kleins Modell der hyperbolischen Geometrie) oder auf technisch realisierte Objekte (sinnlich wahrnehmbare Modelle; z.B. K. Steinbuchs Lernmatrix als Gedächtnismodell). Auf die begrifflichen Modelle verweist die definitionsgemäße Abstraktion von physikalischen, physiologischen oder psychologischen Kennzeichen, auf die sinnlich wahrnehmbaren Modelle die erwähnte technische Beherrschung der untersuchten informationellen Prozesse, während die anschaulichen Modelle durch die eingeräumte Möglichkeit der bewußtseinsanalogen Betrachtung zumindest berührt werden, ohne daß übrigens mit der bloßen Möglichkeit dieser Betrachtung von vornherein schon der Bewußtseinsthematik eine dominierende Rolle eingeräumt werden soll.

Damit werden bereits zwei Grundprobleme einer Philosophie der Kybernetik sichtbar:

(1) In wiefern ist "Nachricht" bzw. "Information" etwas Neues, so daß sie Objekt einer neuen Disziplin, eben der Kybernetik, werden konnte?

(2) Worauf beruht die dominierende Bedeutung der Modellthematik für diese neue Disziplin?

Der ersten Frage soll im folgenden nachgegangen werden. Das zweite Problem, zu welchem G. Eichhorn (1961) schon Wesentliches beitrug, wird in einer späteren Arbeit behandelt.

2. Information und Materialismus. "Information is information, not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day" (Wiener, 1948, S. 155). Diese vielzitierten Sätze sind ein rhetorisch höchst wirksames Stratagem gegen jene, welche der Kybernetik mangels besserer Argumente Materialismus unterschieben. Aber das Wesen eines Stratagems besteht bekanntlich in seiner Wirksamkeit trotz fehlender Stichhaltigkeit. Denn kaum ein Materialist dürfte Wieners ersten Satz je leugnen wollen - und Wiener hat dies im zweiten Satz auch nicht behauptet. Auch die Zahl 5 ist ja weder Materie noch Energie sondern die Invariante der Klasse aller umkehrbar eindeutig auf die Menge

der Finger einer Hand abbildbarer Mengen, was kein Einwand gegen den Materialismus ist; die Information wird vielfach nur als Zahl verstanden, nämlich als Logarithmus des Kehrwerts einer Wahrscheinlichkeit.

Steinbuch (1961, S. VI) drückt sich präziser aus: "Es ist doch gerade die wesentliche, neue Erkenntnis, daß zum Verständnis komplizierter Systeme die Betrachtung der materiellen und energetischen Zusammenhänge nicht ausreicht, sondern zusätzlich dazu die Informationsrelationen zu beachten sind." Weshalb? Weil dies die wissenschaftliche Darstellung gewaltig erleichtert und dadurch praktisch erst ermöglicht, weil also die informationelle Terminologie begriffliche Modelle von höchstem heuristischen Wert ermöglicht? Dies ist die These, die sich aus den nachfolgenden Überlegungen ergibt. Oder weil grundsätzlich das Funktionieren einiger komplizierter Systeme materiell-energetisch und ohne Zuhilfenahme von Informationsrelationen nicht vorhersehbar wäre? Diese Hypothese soll in § 3 geprüft werden.

Zuvor sei noch vereinbart, daß "Information" der in bit meßbare Aspekt einer Nachrichten ist, so wie "Masse" der in kg meßbare Aspekt eines Stücks Materie. Daneben gibt es jeweils andere Aspekte: z. B. die relative Redundanz und die Anzahl der Zeichen dort - die spezifische Dichte und die Anzahl der Atome hier.

3. Kausalität und Nachricht. Das Kausalprinzip besagt, daß jede Wirkung eine ihr zeitlich vorausgehende Ursache habe, durch welche sie eindeutig bestimmt sei. Betrachten wir nur Systeme, deren Zustände ohne für den weiteren Ablauf erhebliche Veränderungen beobachtbar sind, dann spielt die Heisenbergsche Unsicherheitsrelation keine Rolle, und es genügt, die Ursachen und die bestimmenden Gesetze vollständig zu kennen, um die Wirkung voraussagen zu können. Das allgemeine Schema dafür ist:

$u \rightarrow w$	(bekannte Gesetzmäßigkeit)
u	(beobachtete Ursache)
w	(erschlossene, künftige Wirkung),

also die bekannte Abtrennungsregel, die ohne die Tautologie des Ausdrucks $(u \rightarrow w) \& u \rightarrow w$ nicht gälte. Diese Sicht des Kausalgesetzes spiegelt sich in August Comtes berühmten "savoir pour prevoir", und nach Arthur March (1948, S. 5) "kann die Aufgabe des Theoretikers nur die sein, nach dem Gesetz zu suchen, mittels dessen man aus den gegenwärtigen Zeigerablesungen auf diejenigen schließen kann, die sich bei einer zukünftigen Messung ergeben." Eine andere Betrachtungsweise deutet S. Moser an, wenn er (1958, S. 183 f.) gegen March schreibt: "Wenn Zeigerablesungen auch echte Voraussagen von physikalischen Tatsachen ermöglichen, so ist das nicht der volle Sinn einer Wissenschaft von der Natur, der es um den Erkennt-

nisgehalt ihres Gegenstandes und nicht um bloße Voraussagen geht. Eine Theorie ist immer mehr als die Aufdeckung zukünftiger Zahlbeziehungen. Schon im Ausdruck "Zeigerablesung" liegt das beschlossen. Der Physiker liest nämlich nicht absolute, losgelöste Zahlen ab, sondern Zahlen an einem Instrument, an einem Zeiger, die selbst wieder auf etwas verweisen, auf eine Fragestellung, wofür die Instrumente die Zahlen liefern." - Die Funktion des Zeigers ist ja ein Zeigen, und diese Funktion "Zeigen" ist das Wesentliche des Zeichens als Baustein der Nachricht.

Hier interessieren nur jene ("Anzeichen" genannten) Zeichen, deren Zeigen ein Verweisen auf die Ursache ihres realen Trägers ("Zeichenträgers", vgl. Bense, 1954), des Signals, ist. In diesem Sinne kann mir eine neue Zeigerstellung zum Anzeichen eines geänderten Luftdrucks als ihre Ursache werden, und nicht nur als Basis für die Voraussage einer zu erwartenden Wirkung, z. B. des Funktionseinsatzes einer Druckregelungsanlage.

Aber kann man denn von Wirkungen auf Ursachen rückschließen, wie man aus Ursachen künftige Wirkungen voraussagen kann? Ist das Kausalgesetz umkehrbar? Das Schema dafür wäre

$u \rightarrow w$	(bekannte Gesetzmäßigkeit)
w	(beobachtete Wirkung)
u	(erschlossene Ursache).

Der Ausdruck $(u \rightarrow w) \& w \rightarrow u$ ist aber nicht tautologisch, er ist vielmehr falsch, wenn u falsch und w wahr ist, wenn also eine andere Ursache u' aufgrund einer anderen Gesetzmäßigkeit $u' \rightarrow w$ zur selben Wirkung, also zum selben Zeichen führte. Jene mögliche Ursache, auf welche ein Anzeichen gerade nicht verweist, ist eine Störung. Je mehr solche anderen Ursachen für w existieren, und je wahrscheinlicher sie alle zusammen sind, desto größer ist meine Unsicherheit über das, worauf mich das empfangene Zeichen verweist, desto kleiner ist also das, was man Information nennt. Die Informationsrelationen sind demnach nichts anderes als die Umkehrungen der (zumindest in nicht abgeschlossenen Systemen) nicht eindeutig umkehrbaren Kausalverknüpfungen. Diese Umkehrungen spielen in der Kybernetik eine erheblich viel größere Rolle, als sie bisher gespielt hatten, denn jetzt geht es auch darum, aus der Ausgabe eines, oft gestörten, Kanals auf die Eingabe in diesen zurückzuschließen. Darum konnte der Eindruck entstehen, die Information sei etwas wesentlich Neues neben der kausalen Betrachtung von Material und Energie. Man denke beispielsweise an einen Münzensammler, der seinem Nachbarn eine binär codierte Nachricht dadurch übertragen will, daß er ihm täglich entweder eine silberne oder eine goldene Münze überbringen läßt. Der Bote

ist dabei der Kanal, seine Kapazität 1 bit/Tag, doch fällt die Kapazität auf Null, sobald sich der Bote entschließt, die ihm anvertraute Münze nur dann zu überbringen, wenn es eine silberne ist, andernfalls aber sie gegen eine silberne auszutauschen. Während früher mit einer Silbermünze 1 bit Information empfangen werden konnte, ist dies nun auch dann nicht mehr der Fall, wenn tatsächlich die abgesandte Silbermünze empfangen wird, wenn sich also materiell (und energetisch) gegenüber früher nichts geändert zu haben scheint. Geändert hat sich aber die Gesetzmäßigkeit, nach welcher die Ausgabe des "Kanals" bei bekannter Eingabe kausal determiniert ist. Da die Naturgesetze als unveränderlich vorauszusetzen sind, liegt die Änderung im materiell-energetischen Zustand des Kanals: der Bote ist vor Wahrnehmung der Silbrigkeit der ihm übergebenen Münze entschlossen und in der Lage, sie gegen eine Silbermünze einzutauschen, falls sie sich als golden erweisen sollte.

Aber wenn auch mit dem Begriff "Nachricht" nichts erklärbar wird, was nicht im Prinzip durch die Beschreibung materiell-energetischer Zustände und Prozesse sowie die diese beherrschenden Gesetze erklärbar ist, so ist die informationelle Betrachtung dennoch wesentlich andersartig als die kausale. Denn *für wen* ist das Signal Träger eines Zeichens? Wem zeigt es etwas? Ein Zeiger zeigt *an sich* nicht, sondern nur im *Bewußtsein* eines *Betrachtenden*. Das Beispiel der Thermostaten möge dies verdeutlichen. Während für den *Menschen* das Sinken des Thermometerstands unter einen SOLL-Wert auf die *Ursache* dieses Anzeichens, also auf die zu geringe Zimmertemperatur rückverweist (also Information beinhaltet), und er sich nun das Ziel setzt, diese Temperatur zu erhöhen, was er durch Erhöhung der Heizleistung erreicht, ist das Sinken des Thermometerstands für den *Thermostaten* kein Anzeichen der zu geringen Temperatur (also keine Nachricht), sondern die Ursache eines zur Temperaturerhöhung führenden Schaltprozesses.

Ist der Mensch wegen seiner "Einsicht" in den Zeichencharakter des Thermometerstands dem Thermostaten überlegen? Keineswegs. Denn wenn die Temperatur nicht sinkt sondern der Quecksilberstand durch eine für Mensch und Thermostat unmerkliche mechanische Einwirkung fällt, dann arbeiten beide in gleicher Weise "falsch".

4. *Ein Modell zur Bewußtseinsproblematik*. Die scharfe Unterscheidung zwischen Mensch und Automat am Schluß von § 3 beruht aber nur auf einem Analogieschluß von meiner eigenen introspektiven Erfahrung zum Verhalten des Mitmenschen, während dieser Analogieschluß nach Überwindung des animistischen Entwicklungsstadiums auf den Automaten nicht übertragen wird. Es ist aber denkmöglich, den Analogieschluß auch zum Mitmenschen zurückzuweisen, also anzu-

nehmen, ein Bewußtwerden der gesunkenen Zimmertemperatur infolge der Thermometeranzeige fehle. Für den Physiologen existiert tatsächlich keine andere Denkmöglichkeit als die, daß die vom Thermometer optisch abgegebenen Signale einen zentralnervösen Kausalmechanismus auslösen, der aufgrund der Aufgabenstellung (Temperatur konstant halten!) so "programmiert" ist, daß zwangsläufig die erforderlichen Steuerreaktionen erfolgen. Daß der Mitmensch ein bewußtseinsfreies System kausaler Wirkzusammenhänge sei, ist zwar höchst unwahrscheinlich aber nicht unmöglich, da auch seine Behauptung, er sei sich seiner Wahrnehmungen und Aktionen bewußt, kein Gegenbeweis ist. (Eine kybernetische Maschine, ja schon ein Magnetbandgerät, kann zu entsprechenden Äußerungen programmiert werden - und was ist die Erziehung anderes als eine unsystematische Programmierung?)

Ein Zweifeln an meinem eigenen Bewußtsein gelingt mir jedoch nicht, auch nicht durch die Einrede, dieses sei eine Selbsttäuschung - denn das angebliche Sich-Täuschen selbst ist ja nur als Bewußtseinsinhalt erlebbar. Die Synthese zwischen diesem unmittelbar-evidenten Wissen um die Existenz meines Bewußtseins als des Empfängers von Nachrichten einerseits und der physiologischen Voraussetzung eines Systems kausaler Wirkungszusammenhänge andererseits kann in der Zusatzannahme bestehen, in irgend einer überphysischen Instanz spiegle sich in verzerrter Weise, quasi als überphysische Nebenwirkung, die zentralnervöse Aktivität wieder, und jene, selbst ohne physiologische oder physikalische Wirkung bleibende, überphysische Verschlüsselung physiologischer Prozesse sei gerade das, was man "Bewußtseinsinhalte" nennt. Natürlich wäre diese "Zerrspiegelhypothese" eine der möglichen "Lösungen" des Leib-Seele-Problems (Frank, 1955). Kennzeichnend für sie ist, daß ihrnach die physische Welt sich im Bewußtsein verzerrt als beiläufige Verschlüsselung kausal verlaufender neurophysiologischer Prozesse spiegelt, also als eine, Materie und Energie transzendierende, Nebenwirkung, die in einer naturwissenschaftlich unerreichbaren Sackgasse wirkungslos verebbt. Das Modell wird veranschaulicht durch Sartres "Les jeux sont faits" (1947), wo die Toten (analog zu unserem Bewußtsein) weiterhin unter dem Einfluß der von ihnen beobachteten Umwelt stehen, ohne auf diese einwirken und von ihr bemerkt werden zu können. In Steinbuchs Systematik (1962, Bild 2 a) entspricht unserer Modellvorstellung die "Reine Beobachtung", und zwar durch jenes "Okular", das informationspsychologisch "Kurzspeicher" genannt wird (Frank, 1961, Bild 6, S. 635).

5. Der heuristische Wert des Modells. Die "Zerrspiegelhypothese" sollte in § 4 nicht als Lösungsversuch des Leib-Seele-Problems eingeführt werden, sondern als "anschauliches Modell" im Sinne des § 1. Der heuristische Wert dieses Modells besteht zunächst darin, daß in ihm die "Sackgasse Bewußtsein" wegfallen kann, ohne daß von außen eine Änderung des System feststellbar wäre. Dann fal-

len nämlich alle prinzipiellen Einwendungen gegen die restlose technische Realisierbarkeit sogenannter geistiger Prozesse, also gegen die Automatisierbarkeit der geistigen Arbeit, weg. - Der Thermostat ist ein Beispiel für diese Automatisierung. Daß es für ihn keine Nachrichten gibt, beruht nur darauf, daß wir ihm kein Bewußtsein zuschreiben; demnach gibt es auch für den bewußtseinsfrei gedachten Mitmenschen keine Nachrichten. Denn jene logischen oder wahrscheinlichkeitstheoretischen Rückschlüsse auf Ursachen, welche für das Bewußtsein eine beobachtete Wirkung als Zeichenträger erscheinen lassen, beruhen nach unserer Hypothese auf neurophysiologischen Mechanismen, welche sich erst dann wesentlich vom mechanischen Ineinandergreifen der Räder einer Handrechenmaschine unterscheiden, wenn sie sich auf nichtphysischer Ebene grob verzerrt wenigstens teilweise spiegeln und dabei als Rückschlüsse erst bewußt werden. Was an der Kybernetik also tatsächlich neu ist gegenüber den herkömmlichen Naturwissenschaften, ist das Sprechen von (meßbaren) Nachrichten. Aber Nachrichten und Informationen existieren nicht an sich sondern nur für ein Bewußtsein. Die Kybernetik setzt also eine Bewußtseinstheorie voraus.

Ist die Kybernetik aber nicht ob solcher philosophischer Vorentscheidungen fragwürdig geworden? Ist ihr Sprechen von nachrichtenverarbeitenden Maschinen, folglich von einem Bewußtsein dieser Maschinen, kein animistischer Attavismus? - In der Überwindung dieses Einwands liegt der zweite heuristische Wert unseres Bewußtseinsmodells. Da nämlich ihmnach der "Anschluß" oder die "Abtrennung" eines Bewußtseins vom tragenden physischen System keinerlei Rückwirkung auf dieses bedingen soll, ändert die Annahme, eine Maschine habe Bewußtsein, an dem, was der Kybernetiker tatsächlich von ihr aussagen kann, nichts - außer der Sprechweise. Daß nun modellmäßig von Nachrichtentransformationen statt von Kausalabläufen gesprochen werden kann, bedeutet vielfach eine Vereinfachung und einen Gewinn an Anschaulichkeit. - Wo informationelle Prozesse betrachtet werden, liegt eine Abbildung auf ein Bewußtseinsmodell zugrunde, d.h. eine Betrachtungsweise "als ob" ein Bewußtsein angeschlossen wäre. Die letzte Klausel unserer Kybernetik-Definition (§ 1) erübrigt sich also, da sie aus den vorangehenden Definitionsteilen folgt. -

6. Teleologie. Der Vergleich zwischen Mensch und Thermostat in § 3 ergab zunächst, daß dieser kausal bestimmt, jener zielgerichtet auf die Thermometeranzeige reagiere. Indem wir nun zulassen, vom Thermostaten zu sprechen "als ob" in ihm ein bewußtseinsbehafteter "Lotse" ein Ziel ansteuere, verlegen wir die Teleologie in den Regelkreis. Dies könnte banal erscheinen, da doch der Konstrukteur den Zweck in den Regelkreis legte. Aber dieser funktionierte genauso, wenn er zufällig zustande gekommen wäre - und es sind Fälle denkbar, in denen Regelkreise durch ein Naturspiel geschlossen werden. Wenn solche Regelkreise oder Systeme vermaschter Regelkreise insbesondere ihre eigene Existenz durch regulatorische Kompensation

zufälliger äußerer Störungen wahren, dann ergibt sich das von den Lebewesen her gewohnte Bild. Wenn mir dagegen mein eigenes Handeln als zweckgerichtet erscheint, dann ist dieses Scheinen interpretierbar als verzerrtes Abbild kausaler Nervenprozesse auf der Ebene des Bewußtseins. Daß die Teleologie nicht konstitutives sondern nur regulatives Prinzip der Forschung sei, erscheint in unseren Überlegungen als Spezialisierung der allgemeinen Aussage, daß Nachrichten und Nachrichtenverarbeitung Begriffe sind, die sich nicht auf die Natur sondern auf ein kybernetisches, d.h. den Bewußtseinsbegriff einschließendes, Modell der Natur beziehen. Denn es dürfte wohl, wenn nicht eine schon akzeptierte These, zumindest eine problemgeladene Hypothese einer Philosophie der Kybernetik sein, daß das Erscheinen der Teleologie im Bewußtsein das Erscheinen von Zeichen und damit von Information voraussetzt, ohne daß dies allein schon hinreichend wäre, weil vielmehr die regelkreishafte Einwirkung auf die vermeintliche Ursache des Zeichens beim teleologischen Prozeß noch hinzukommen muß.

Schrifttumsverzeichnis.

Bense, Max: Aesthetica, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1954. - Eichhorn, Gerhard: Zur Theorie der heuristischen Denkmethoden, GrKG II, 1, 1961, S.25-32. - Frank, Helmar: Das Leib-Seele-Problem etc., Laterne, aggr. Z., No. 4, 1955; Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften, Umschau 61, 1961, Hefte 14-19; Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, Agis-Verlag, Baden-Baden, und Gauthier-Villars, Paris, 1962. - Günther, Gotthard: Das Bewußtsein der Maschinen, Agis-Verlag, Baden-Baden, 1957. - March, Arthur: Natur und Erkenntnis, Wien, 1948 (zitiert nach Moser, 1958). - Moser, Simon: Metaphysik einst und jetzt, Walter de Gruyter, Berlin 1958, - Steinbuch, Karl: Automat und Mensch, Springer, Heidelberg 1961; Bewußtsein und Kybernetik, GrKG III, 1962, Heft 1, S. 1 ff.- Wiener, Norbert: Cybernetics etc., Hermann & Cie., Paris, The Technology Press, Cambridge, und John Wiley & Sons, New York, 1948.

Eingegangen: 30. Dezember 1961

DIE BEGRÜNDUNG DER ZEICHENTHEORIE BEI CHARLES SANDERS PEIRCE

von Elisabeth Walther, Stuttgart.

Eine zusammenfassende Darstellung der Peirceschen Semiotik scheint mir aus zwei Gründen wichtig zu sein: erstens beruft man sich heute in der Logik, Ästhetik, Linguistik und Kommunikationsforschung auf diese Zeichentheorie, ohne daß eine übersichtliche Gesamtvorstellung von ihr bereits existiert, denn die Überlegungen und Untersuchungen von Peirce zu diesem Thema finden sich an vielen Stellen seines Werkes verstreut; zweitens scheint mir gerade der Begriff des Zeichens, den Peirce methodisch einführte und gebrauchte, geeignet zu sein, allen Überlegungen und verschiedenartigen Verwendungen theoretische Einheit zu geben. Denn obwohl der Begriff des Zeichens alt ist und obwohl er mindestens seit Leibniz immer wieder einmal philosophisch untersucht wurde, hat doch erst Peirce es ermöglicht, von Zeichentheorie im Sinne eines erforschbaren Gebietes zu sprechen.

Obgleich Peirce im allgemeinen wenig von der metaphysischen Denkweise in der Philosophie hielt ("Die Beweise der Metaphysiker sind alle Mondschein." formulierte er einmal (C.P., Bd. 1, Abschn. 7)), sah er sich doch gezwungen, drei Kategorien als Grundlage aller philosophischen Erörterungen einzuführen. Das Neue dieser grundlegenden Kategorien besteht darin, daß sie abstrakt im Sinne von Relationen aufgestellt werden. Eine klare und knappe Erläuterung findet sich in einem Brief an die Engländerin Lady Welby vom 12. Oktober 1904 (Peirce, 1931/58, Bd. 8, Abschn. 328) und lautet:

"<u>Firstness</u> ist der Seinsmodus dessen, das so ist, wie es ist, positiv und ohne Beziehung zu irgend einem anderen Dinge sonst.

Secondness ist der Seinsmodus dessen, das so ist, wie es ist, in Beziehung zu einem Zweiten, aber ohne Berücksichtigung eines Dritten.

Thirdness ist der Seinsmodus dessen, das so ist, wie es ist, indem es ein Zweites und ein Drittes zu einander in Beziehung setzt."

Dieser abstrakten Charakterisierung seiner Kategorien als Relationen fügt er folgende Interpretationen hinzu: bei Firstness handelt es sich um eine "quality of feeling" (Empfindungs-Qualität, oder vielleicht besser "Fühlungs-Qualität"), bei der Secondness um "Experience", also um Erfahrung und bei Thirdness um Thought, Denken, oder um etwas Geistiges überhaupt; kürzer sagt er auch: fühlen, erfahren und denken. Wir werden sehen, wie diese Überlegungen tief in die Begründung der Zeichentheorie hineinspielen, und feststellen können, daß die Dreiteilung als eine solche der Zeichen semiotisch wieder auftritt.

Den Ausgangspunkt der Beschäftigung mit den Zeichen bildet bei Peirce wahrscheinlich jene Stelle aus dem Jahre 1905 (C.P., Bd. 1, Abschn. 560), wo er formuliert: "In meinen Studien der Großen Kritik Kants war ich immer sehr betroffen von der Tatsache, daß ... seine ganze Philosophie auf seiner Urteilsfunktion beruhte oder auf der logischen Unterteilung von Sätzen, und auf der Relation seiner "Kategorien" zu ihnen ... Nach einer Reihe von Untersuchungen sah ich, daß Kant sich nicht hätte beschränken sollen auf die Unterteilung von Sätzen oder "Urteilen", wie die Deutschen den Gegenstand verwirren, indem sie ihn so nennen, sondern allen elementaren und signifikanten Unterschieden der Form zwischen Zeichen aller Arten hätte Rechnung tragen müssen, und daß er vor allem nicht die fundamentalen Formen des Urteilens (reasoning) hätte unberücksichtigt sein lassen dürfen. Schließlich fand ich selbst nach zwei Jahren der härtesten geistigen Arbeit, die ich je in meinem Leben tat, nur ein einziges gesichertes Resultat von irgendeiner positiven Wichtigkeit. Nämlich, daß es nur drei elementare Formen von Prädikaten oder Signifikation gibt, die, als ich sie zuerst benannte (aber jetzt mit Klammer-Zusätzen, um die Ausdrücke intelligibler zu machen), folgende waren: Qualitäten (der Fühlung), (dyadische) Relationen, und (Prädikationen von) Repräsentationen."

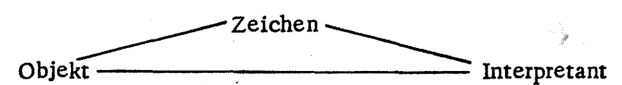
Peirce erkennt also, daß die Begründung der Philosophie auf die Urteile und ihre Unterteilungen in Subjekt und Prädikat die philosophische Analyse zu schwerfällig macht und daß die beiden Teile des Urteils nicht die Elemente sind, auf die die philosophische Analyse zurückgeführt werden kann. Welches sind aber nun die letzten Elemente nach Peirce? Es sind die drei Arten von Elementen, die er zunächst Qualitäten der Fühlung, dyadische Relationen und Prädikationen von Repräsentationen nennt. Repräsentation ist für Peirce "die Eigenschaft des Dings, das für den Geist

stellvertretend für ein anderes Ding ist" und dieses Ding nennt er "representamen" (oder auch allgemein "sign", Zeichen), den "geistigen Effekt" oder den "Gedanken", der dabei eine Rolle spielt nennt er den "Interpretanten" des Zeichens und das Ding, für das das Zeichen steht, das "Objekt" des Zeichens.

Der Begriff des Representamens oder Zeichens besteht also aus drei Gliedern, die in der Definition von 19o8 (C.P., Bd. 1, Abschn. 541) folgendermaßen bestimmt werden: "Ein Representamen ist ein Subjekt einer triadischen Relation zu einem zweiten, genannt sein Objekt, für ein Drittes, genannt sein Interpretant; diese triadische Relation ist solcherart, daß das Representamen seinen Interpretanten bestimmt, in der gleichen triadischen Relation zu dem gleichen Objekt für irgendeinen Interpretanten zu stehen."

Man kann dieser Definition noch eine etwas einfachere Beschreibung des Zeichens, die Peirce im Jahre 1897 wahrscheinlich gab (C.P., Bd. 2, Abschn. 228), hinzufügen:
"Ein Zeichen oder Representamen ist etwas, das für etwas zu jemandem in irgendeiner Beziehung oder Kapazität steht ... Es erschafft im Geist jener Person ein äquivalentes oder vielleicht ein mehr entwickeltes Zeichen. Das Zeichen, welches es erschafft, nenne ich den "Interpretanten" des ersten Zeichens. Das Zeichen steht für etwas, sein "Objekt".

In der Geschichte der Philosophie findet sich nirgends eine solche Definition des Zeichens. Man sprach zwar davon, daß ein Zeichen bezeichnet und bedeutet, desiginiert und denotiert, und klassifizierte die Zeichen in "natürliche" und "künstliche" oder dergleichen, aber man betrachtete das Zeichen doch mehr oder weniger als einen "Gegenstand" wie jeden anderen Gegenstand der Ontologie. Peirce hingegen führt das Zeichen nicht als Gegenstand, sondern als Funktion ein, und zwar als Funktion, die als "triadische Relation" gekennzeichnet wird und die aus den Korrelaten: Zeichen, Objekt und Interpretant besteht.



Diese Definition verweist auch auf die Eigentümlichkeit des Zeichens, daß praktisch alles ein Zeichen werden kann, denn alles ist Zeichen, was als Zeichen interpretiert werden kann, oder wie Peirce sagt: "Natürlich ist nichts ein Zeichen, sofern es nicht als ein Zeichen interpretiert wird." (C.P., Bd. 2, Abschn. 3o8) Das heißt, jedes Etwas, das in einer solchen Zeichen-Relation an Stelle des Zeichens auftritt, muß als Zeichen gelten.

Zeichen und Objekt bereiten keine erkenntnismäßigen Schwierigkeiten, das letzte Korrelat der triadischen Relation, der Interpretant, ist jedoch nicht sofort übersehbar. Die ersten Erläuterungen, die Peirce zu dem Interpretanten gab, waren noch ziemlich unbestimmt. Er nannte den Interpretanten selbst ein Zeichen, ein "etwas verändertes Zeichen", das sich sowohl auf das Objekt als auch auf das Zeichen selbst bezieht. Erst in dem bereits zitierten Brief an Lady Welby spricht er von "interpreting thought", "interpretierendem Denken", "das selbst ein Zeichen ist" und geht sogar soweit zu formulieren: "Ein Zeichen vermittelt zwischen dem interpretierenden Zeichen und seinem Objekt. In seinem weitesten Sinne genommen, ist sein Interpretant nicht notwendig ein Zeichen. Jeder Begriff ist natürlich ein Zeichen, Ockham, Hobbes und Leibniz haben das zur Genüge gesagt. Aber wir dürfen ein Zeichen in einem so weitenSinne fassen, daß ein Interpretant nicht ein Gedanke ist, sondern eine Aktion oder Erfahrung, wir können die Bedeutung eines Zeichens sogar so erweitern, daß sein Interpretant nichts als eine Fühlungs-Qualität ist." (C.P., Bd. 8, Abschn. 332) In einem undatierten Manuskript, das wahrscheinlich ein Teil eines Briefes (C.P., Bd. 8, Abschn. 177-185) ist, spricht Peirce ganz klar davon, daß der Interpretant die "signification" oder "interpretation" eines Zeichens ist, also die Bedeutung oder Interpretation. Zusammenfassend können wir jetzt vielleicht folgende Erklärung des Interpretanten geben:

> Der Interpretant des Zeichens ist derjenige Bedeutungsbereich des Zeichens, der selbst aus Zeichen oder Erfahrungen oder Fühlungen besteht.

Der Begriff "Bedeutungsbereich"ist deshalb gerechtfertigt, weil Peirce von Zeichen in dem Sinne spricht, daß einZeichen selbstverständlich aus Zeichen aufgebaut gedacht wird oder daß ein Zeichen mit anderen Zeichen zu einem komplexeren, umfassenderen Zeichen verknüpft sein kann. Mit dieser Deutung des Interpretanten stoßen wir wieder auf die nichtklassische metaphysische Einstellung von Peirce, wie sie sich schon in seinen Kategorien zeigte, nämlich darauf, daß der Interpretant oder der "Bedeutungsbereich" des Zeichens weder etwas mit Essenz, noch Wesen oder Eidos zu tun hat, sondern eher als eine statistische Selektion im Sinne des exakten Informationsbegriffs aufzufassen ist, wie ihn Zipf, Mandelbrot, Cherry u. a. eingeführt haben.

Nach dieser allgemeinen Einführung des Zeichens als Relation beginnt Peirce mit der Analyse des Zeichens und nimmt eine Einteilung in Dreiergruppen, von ihm Trichotomien genannt, vor. Diese Einteilungen und der Aufbau seiner semiotischen Ausführungen sind in allen Schriften, Briefen und Manuskripten ähnlich, nur die Benennungen und die Erläuterungen weisen gewisse Veränderungen auf, vielleicht

haben sie erst in den Briefen an Lady Welby ihre endgültige Formulierung gefunden. (C.P., Bd. 8, Abschn. 327 ff.)

Die erste Einteilung gibt

1) das Zeichen als solches
2) das Zeichen in Beziehung zu seinem Objekt
3) das Zeichen in Beziehung zu seinem Interpretanten.

Jede dieser Gruppe wird wieder in eine Trichotomie unterteilt und wir erhalten:

1a) Qualisign	2a) Ikon	3a) Rhema
1b) Sinsign	2b) Index	3b) Dicent
1c) Legisign	2c) Symbol	3c) Argument

Selbstverständlich sind diese Einteilungen nicht die einzigen (Peirce gibt 1o solcher Trichotomien an), aber es sind diejenigen, die auch bei ihm selbst am häufigsten zitiert und angewendet werden.
Wie sind diese Einteilungen nun zu verstehen? Peirce hat sie selbst u.a. folgendermaßen erläutert:

1a) Qualisign:	Qualität (oder auch: Erscheinung), die ein Zeichen ist,
1b) Sinsign:	individuelles Objekt oder Ereignis (oder auch: aktual existierendes Ding oder Ereignis), das ein Zeichen ist,
1c) Legisign:	genereller Typ (oder auch: Gesetz), das ein Zeichen ist.
2a) Ikon:	Zeichen, das mit seinem Objekt gewisse Züge gemeinsam hat,
2b) Index:	Zeichen, das reale Beziehungen zu seinem Objekt hat,
2c) Symbol:	Zeichen, das sein Objekt unabhängig von Übereinstimmungen und realen Beziehungen interpretiert. Es hängt an Konvention oder Brauch oder an der natürlichen Disposition seines Interpretanten oder Interpretanten-Feldes.

Selbstverständlich gibt Peirce weitere detaillierte Erläuterungen mit Beispielen. Ich möchte nur erwähnen, daß vor allem diese letzte Gruppe von Charles Morris (1939) herangezogen wurde, um ästhetische bzw. künstlerische Zeichen zu interpretieren und daß Morris aus Peirce einen gewissen Ikonismus der Kunst abzuleiten versuchte, der auf Grund der Peirceschen Semiotik nicht begründbar ist. Peirce sagt auch in seinen Erörterungen ästhetischer Fragen, die jetzt Theodore Schulz (1961) in seiner Dissertation über die Peircesche Ästhetik zusammengestellt hat, an keiner Stelle, daß Kunst nur als ikonische Kunst verstanden werden könne. Durch die Kombination der Zeichen, also der Ikone mit Indexen, der Symbole mit Indexen, der Ikone mit anderen Ikonen usw., die selbstverständlich auch in der Kunst bzw. in Kunstwerken vorgefunden wird, kann man höchstens sagen, daß in gewis-

sen Kunstwerken ikonische, in anderen indexikalische und wieder in anderen symbolische Zeichen überwiegen und es ist dann in jedem Falle zu klären, wie der Zeichenkomplex, den ein Kunstwerk darstellt, bestimmt werden muß. Übrigens haben diese Erörterungen auch in Bezug auf andere Gebiete, wie zum Beispiel Mathematik, Gültigkeit. Man kann selbstverständlich auch mathematische Gebiete zeichentheoretisch analysieren und ich möchte an dieser Stelle auf Freges kleine Arbeit "Über die Grundlagen der Geometrie", die 19o3 im 12. Band der "Jahresberichte der Deutschen Mathematiker Vereinigung" erschienen ist, hinweisen. Es handelt sich in dieser Arbeit um die Analyse des Hilbertschen Buches "Grundlagen der Geometrie". Frege wirft Hilbert hier eine Vermengung von Begriff und Merkmal vor und führt als Beispiel den Satz "Zwei ist eine Primzahl" an. In diesem Satz sei "Zwei" das Subjekt und "ist eine Primzahl" der prädikative Bestandteil. Frege sagte dann weiter: "Die beiden Teile des Satzes sind ... wesentlich verschieden, und es ist wichtig einzusehen, daß dieser Unterschied ein tief einschneidender ist und nicht verwischt werden darf. Der erste Bestandteil "Zwei" ist ein Eigenname einer gewissen Zahl, bezeichnet einen Gegenstand, ein Ganzes, das keiner Ergänzung mehr bedarf. Der prädikative Bestandteil dagegen "ist eine Primzahl" bedarf der Ergänzung, bezeichnet keinen Gegenstand. Ich nenne den ersten Bestandteil auch gesättigt, den zweiten ungesättigt ... das Zerfallen in einen gesättigten und einen ungesättigten Teil muß als logische Urerscheinung angesehen werden, die einfach anerkannt werden muß, aber nicht auf Einfacheres zurückgeführt werden kann." (a.a.O., p.371) Frege spricht deutlich von einem Unterschied in den Zeichen und erreicht somit die zeichentheoretischen Grundlagen der mathematischen Begriffsbildung. Von Peirce aus könnte man sagen, daß die Ausdrükke "gesättigt" und "ungesättigt" Zeichen in Beziehung zum Interpretanten sind. In Beziehung auf sein Objekt ist aber das Merkmal "ist eine Primzahl" das Ikon, das von dem Index "Zwei" ausgesagt wird und der ganze Satz "Zwei ist eine Primzahl" erweist sich als Symbol, das sich aus einem indexikalischen und einem ikonischen Bestandteil zusammensetzt. Ohne von dem Genauigkeitsgrad der Peirceschen Zeichentheorie Kenntnis zu haben, erweist sich Frege hier offensichtlich als semiotischer Analytiker, den man in unserem Zusammenhang berücksichtigen muß.

Die dritte Gruppe betrifft die Zeichen in Beziehung zu ihrem Interpretanten. Peirce erläutert sie (C.P., Bd. 8, Abschn. 337) auf folgende Weise:

3a) Rhema: irgend ein Zeichen, das weder wahr noch falsch ist, wie zumindest das einzelne Wort, ausgenommen "ja" und "nein".

3b) Dicent: ein Zeichen, das der Behauptung fähig ist, z.B. ein Satz. Ein "dicent" ist keine Behauptung, aber eine Behauptung ist ein "dicent".

3c) Argument: "ein Zeichen, das in seinem signifierten Interpretanten nicht als ein Zeichen dieses Interpretanten repräsentiert wird, sondern als ob es ein Zeichen dieses Interpretanten oder vielleicht, als ob es ein Zeichen eines Zustands des Universums wäre, auf das es sich bezieht, in welchem die Prämissen als erwiesen angenommen werden."

Peirce sagt hier auch, daß diese Gruppe der alten Einteilung in Begriff, Satz und Argument entspricht und erläutert an anderer Stelle das Rhema, z.B. als die "Blank-Form" des Satzes, (wir sagen heute Satzform in der Logik), etwa "- ist ein Philosoph", erst wenn ein Eigenname eingesetzt wird wie "Sokrates ist ein Philosoph" geht das Rhema in ein Dicent über, das der Behauptung fähig ist. Argument wird dann auch erklärt als logische Formel bzw. Regel.

Neben diesen Trichotomien stellt Peirce Zeichenklassen auf, die eine Kombination dieser Trichotomien darstellen. Insgesamt hat er die Aufstellung von 66 Zeichenklassen ins Auge gefaßt. Die 10 wichtigsten Klassen gibt er wie folgt an: (C.P. Bd. 8, Abschn. 341, z.B.).

1. Qualisigns
2. Ikonische Sinsigns
3. Ikonische Legisigns
4. Rhematische indexikalische Sinsigns
5. Rhematische indexikalische Legisigns
6. Rhematische Symbole
7. Dicent Sinsigns
8. Dicent indexikalische Legisigns
9. Dicent Symbole
10. Argumente

Zur Erklärung dieser Zeichenklassen stütze ich mich auf Peirce (C.P., Bd. 2, Abschn. 254 ff.):

1) Qualisign: (z.B. eine "Rot"-Fühlung) ist irgendeine Qualität, sofern sie ein Zeichen ist. Eine Qualität kann aber nur ein Objekt denotieren, wenn sie etwas mit dem Objekt gemeinsam oder ähnlich hat. Ein Qualisign ist also notwendig ein Ikon.
2) Ikonisches Sinsign:(z.B. ein individuelles Diagramm) ist irgendein Objekt der Erfahrung, insoweit eine seiner Qualitäten die Idee eines Objektes determiniert.
3) Rhematisches indexikalisches Sinsign: (z.B. ein spontaner Schrei), ist irgendein Objekt direkter Erfahrung, sofern es auf ein Objekt verweist, durch das seine Anwesenheit verursacht wird.

4) Dicent Sinsign: (z.B. ein Wetterhahn) ist ein Objekt direkter Erfahrung, insoweit es ein Zeichen ist und als solches Auskunft über sein Objekt liefert. Es ist notwendig ein Index, Es kann nur Information über ein aktuales Faktum liefern.

5) Ikonisches Legisign:(z.B. ein Diagramm unabhängig von seiner faktischen Individualität) ist irgendein allgemeines Gesetz oder Typ, insoweit als jedes seiner Momente eine bestimmte Qualität einschließen muß, damit es im Bewußtsein die Idee eines solchen Objektes hervorruft.

6) Rhematisches indexikalisches Legisign: (z.B. ein Demonstrativpronomen) ist irgendein allgemeiner Typ oder Gesetz, jedoch so aufgestellt, daß jedes seiner Momente wirklich die Aufmerksamkeit auf dieses Objekt lenkt.

7) Dicent indexikalisches Legisign: (z.B. ein Straßenschrei) ist irgendein allgemeiner Typ oder Gesetz, jedoch in solcher Weise aufgestellt, daß es bestimmte Auskunft über sein Objekt liefert.

8) Rhematisches Symbol oder Symbolisches Rhema: (z. B. ein Allgemeinbegriff) ist ein Zeichen, das mit seinem Objekt durch eine Assoziation allgemeiner Ideen verbunden ist. Das rhematische Symbol ist notwendig ein Legisign. (Das Demonstrativpronomen ist ein Legisign, aber es ist kein Symbol, da es keinen allgemeinen Begriff bedeutet).

9) Dicent Symbol: oder gewöhnlicher Satz (Aussage): ist ein Zeichen, das mit seinem Objekt durch eine Assoziation allgemeiner Ideen verknüpft ist, Wie das rhematische Symbol ist es notwendig ein Legisign. Wie das Dicent Sinsign ist es zusammengesetzt, um seine Information auszudrücken und das das Subjekt dieser Information anzuzeigen.

10) Argument: ist ein Zeichen, dessen Interpretant sein Objekt so repräsentiert, als ob es ein Sein mit Hilfe eines Gesetzes sei. Das Gesetz wäre so, daß der Übergang von allen solchen Prämissen zu solchen Konklusionen zur Wahrheit tendiert. Offensichtlich muß das Objekt dann generell sein, das heißt, das Argument muß ein Symbol sein. Als Symbol muß es natürlich ein Legisign sein.

Peirce war es klar, daß es weitere Unterklassen von Zeichen geben müsse, und er unterscheidet später Ikons und Hypoikons, genuine und degenerierte Indices, genuine und degenerierte Symbole usw., was ich hier nicht weiter verfolgen möchte.

Ganz kurz möchte ich nur darauf hinweisen, daß er diese zehn Zeichenklassen auch vor allem dazu herangezogen hat, um den Satz die Aussage, semiotisch zu be-

stimmen. Die semiotische Analyse führt dabei zur Unterscheidung der informationellen Aussage von der wahren Aussage. So kann Peirce zum Beispiel den Satz "Tully hat eine Warze auf seiner Nase" (C.P., Bd. 2, Abschn. 315 ff.) als Satz bestimmen, "ob er nun wahr ist oder nicht, ob jemand ihn behauptet oder nicht und ob ihm jemand zustimmt oder nicht". Es handelt sich hier um die gleiche Art von Sätzen, die Bernard Bolzano als "Satz an sich" bezeichnet hat. Der Interpretant dieses Satzes ist für Peirce ein genuiner Index eines realen Objektes, da ein Index die Existenz eines Objektes involviert. Er kann nunmehr auch sagen, daß ein solcher Satz Information liefert, da er sich auf ein reales Objekt bezieht. Hingegen ist der analytische Satz "A ist A" dadurch gekennzeichnet, daß er ein Symbol darstellt, das aus Symbolen abgeleitet wird und daher wahr ist. Da ein Symbol nichts Individuelles darstellt, liegt hier kein Index vor. Der Satz "A ist A" liefert aus diesem Grunde keine Information. Selbst ein Satz der Imagination wie "Jeder Phönix, der aus seiner Asche emporsteigt, singt Yankee Doodle" ist für Peirce ein Satz, der mit keiner Erfahrung in Konflikt geraten wird, und daher notwendig wahr ist, obgleich er gleichzeitig "bedeutungslos" oder "sinnlos" ist. Durch die Beschreibung allein kann nach Peirce übrigens die reale Welt nicht von der fiktiven Welt unterschieden werden. Er leitet hieraus die Notwendigkeit der Indikation ab, daß die reale Welt gemeint ist, wenn sie gemeint ist. Zum Beispiel können Tonfall und Miene des Sprechers auf den Hörer dynamisch einwirken, sodaß er die Realität erfaßt, sie sind also die Indices der realen Welt. Aber auch bei den Behauptungen gibt es keine Klasse, die keine Indices involvierte, es sei denn es handele sich nur um logische Analysen und identische Sätze. Ein Index muß letztlich Teil einer jeden Behauptung sein.

Auch in seiner "Algebra der Logik" (C.P., Bd. 3, Abschn. 363) macht er auf die Notwendigkeit der Unterscheidung der drei Zeichenarten: Ikon, Index und Symbol noch einmal ausdrücklich aufmerksam und sagt, daß in einem perfekten System logischer Notation alle drei Zeichenarten auftreten müssen. Ohne die Symbole kann keine Allgemeingültigkeit im Schließen erreicht werden, doch der Gegenstand des "discourse" kann indiziert werden. Je komplizierter der Gegenstand, desto notwendiger sind sogar die Indices. Auch werden die Indices gefordert, um zu zeigen, in welcher Weise die anderen Zeichen zusammenhängen. Mit diesen beiden Zeichen, Symbol und Index, kann jeder Satz ausgedrückt werden, aber es kann nicht über ihn geurteilt werden, wie Peirce sagt, und er führt weiter aus: "Es ist lange ein Rätsel gewesen, wie es sein könnte, daß die Mathematik einerseits rein deduktiv in ihrer Natur ist und ihre Schlüsse apodiktisch zieht, wärhend ande-

rerseits sie eine ebenso reiche und offensichtlich nicht endende Serie von überraschenden Entdeckungen präsentiert wie jede andere beobachtende Wissenschaft ... Die Wahrheit scheint jedoch zu sein, daß alles deduktive Schließen, selbst der einfache Syllogismus, ein Beobachtungselement involviert, d.h. Deduktion besteht in der Konstruktion eines Ikons oder Diagramms und die Relationen der Teile präsentieren eine komplette Analogie mit denen der Teile des Objekts des Schließens, des Experimentierens mit diesem Bild in der Imagination und des Beobachtens des Ergebnisses, so daß unbemerkte und verborgene Relationen unter den Teilen aufgedeckt werden." Da er die Schlußfiguren als Diagramme der Beziehungen zwischen S, M und P auffaßt, kann er sie als Muster (pattern) kennzeichnen, die im Schliessen mit Recht imitiert werden dürfen und die "Ikons par excellence" der Algebra darstellen.

Nach diesen Bemerkungen ist es notwendig, auf einen bisher nicht erörterten Punkt der Peirceschen Semiotik einzugehen, der allerdings bei Peirce selbst nur angedeutet, als Programm aufgestellt, aber nicht bearbeitet worden ist. Wir haben hier den ähnlichen Fall wie bei Leibniz, der seine "characteristica universalis" ebenfalls nur als Programm hinterlassen hat. Es handelt sich um die Frage, wie kann die Semiotik gegliedert werden, das heißt, welche Zweige der Semiotik müssen aufgebaut werden, um diese Wissenschaft methodisch entwickeln zu können.

Peirce schlägt vor, die Semiotik in drei Zweige zu teilen, die er (C.P., Bd. 2, Abschn. 229) folgendermaßen erläutert:

1) Reine Grammatik (von Duns Scotus grammatica speculativa genannt). Ihre Aufgabe besteht darin, zu sichern, was von dem Zeichen wahr sein muß, das jede wissenschaftliche Intelligenz verwendet, damit sie eine Bedeutung (meaning) enthalten.

2) Eigentliche Logik. Sie ist die Wissenschaft dessen, was quasi-notwendig wahr ist von den Zeichen einer wissenschaftlichen Intelligenz, damit sie für jedes Objekt gelten, das heißt, wahr sind. Anders ausgedrückt: eigentliche Logik ist die formale Wissenschaft der Wahrheitsbedingungen der Zeichen.

3) Reine Rhetorik. Ihre Aufgabe besteht darin, die Gesetze zu sichern, durch die in jeder wissenschaftlichen Intelligenz ein Zeichen ein anderes hervorbringt, und speziell ein Gedanke einen anderen.

Zur Erläuterung dieser drei Zweige der Semiotik sagt Peirce (C.P., Bd. 2, Abschn. 93), daß die spekulative oder reine Grammatik eine unpsychologische Erkenntnislehre oderErkenntnistheorie sein muß, ähnlich wie die transzendentale Elementarlehre Kants. Er betrachtet sie als Propädeutik für die eigentliche Logik, den zweiten Zweig der Semiotik, mit deren Hilfe die allgemeinen Bedingungen der Symbole und der anderen bedeutungsvollen Zeichen festgelegt werden. Hier werden auch noch einmal die drei Kategorien behandelt im Zusammenhang mit den Zeichen, sowie die Methoden logischer Art, die Peirce als Deduktion, Induktion und Abduktion einführt. Die Eigentliche Logik, auch Objektive Logik von Peirce genannt, erfährt erläuternde Darlegungen in Bd. 2, Abschn. 11 ff. der Collected Papers. Peirce sieht die Rolle der Logik nicht nur in einer Syntaktik der logischen Zeichen, das heißt in ihrer Verknüpfung zu irgendeinem Kalkül, sondern er ist, obgleich Vertreter der mathematischen Logik, der Meinung, daß sich Logik, auch wenn sie in mathematischer Form auftritt, auf die Erfahrung, bzw. auf die Welt beziehen muß und daß die Bezüge zur Welt oder zu den Objekten, wie man sagen könnte, nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Den dritten Zweig, die Spekulative Rhetorik, die auch Methodeutik genannt wird, könnte man vielleicht am ehesten mit einem Zweig der Morrisschen Semiotik vergleichen, Aber wo Morris mit der Pragmatik die Anwendung, den Nutzen, die Brauchbarkeit der Zeichen behandelt, führt Peirce die Heuristik ein, d.h. er möchte die heuristischen Prinzipien in Mathematik, Wissenschaft und Philosophie erfassen, um die Entdeckung neuer Wahrheiten, um "eine Methode der entdeckenden Methoden" zu ermöglichen. Leider fehlen hierzu aber weitere Ausführungen, - das Buch müsse noch geschrieben werden, wie Peirce bemerkt - und die Heuristik oder Spekulative Rhetorik bleibt ein Plan.

Heute kann man vor allem drei Richtungen semiotischer Forschung unterscheiden: 1) die pragmatistisch-behavioristische Entwicklungslinie, die vor allem von Charles Morris begründet wurde; 2) die Entwicklung der Semiotik in Richtung der Grundlagenforschung und Wissenschaftstheorie der von H. Scholz begründeten Schule von Münster, die hauptsächlich als Symbol-Theorie von Hans Hermes verfolgt wurde und in dem Buch "Semiotik, eine Theorie der Zeichengestalten als Grundlage für Untersuchungen von formalisierten Sprachen" (1938) entwickelt und zu einem gewissen Abschluß gebracht wurde; 3) die Entwicklung der Semiotik in der modernen Linguistik, vor allem als Theorie linguistischer Zeichen, wie sie Jakobsen und Halle (1956) vertreten, die ausdrücklich auf Peirce und seinen Begriff der "sets of interpretants" verweisen und das linguistische Zeichen einmal in Richtung auf seine Bedeutung als Kode manipulieren. Als 4. Entwicklungslinie könnte man vielleicht

noch die Untersuchungen von Quine (1960) anführen, der die ontologischen Beziehungen zwischen Wort und Objekt untersucht und auf Peirce, besonders auf dessen Index-Zeichen eingeht, genauer auf "indicator words" wie "this, that, now" usw.

Diese Hinweise mögen genügen, um die Entwicklungsfähigkeit und Anwendbarkeit der dargestellten Semiotik in das Blickfeld der Philosophie zu rücken, für die Forschung im wesentlichen Grundlagenforschung ist, was wieder mit den Intentionen von Peirce weitgehend in Einklang gebracht werden kann.

Schrifttumsverzeichnis. HERMES, HANS: Semiotik, eine Theorie der Zeichengestalten als Grundlage für Untersuchungen von formalisierten Sprachen, 1938. - JAKOBSON, ROMAN und HALLE, MORRIS: Grundlagen der Sprache, 1956. - QUINE, W.V. ORMAN: Word and Object, 196o. - MORRIS, CHARLES: Esthetics and the Theory of Signs, 1939; Signs, Language and Behavior, 1946. - PEIRCE, CHARLES SANDERS: Collected Papers Band I - VI ed. Hartshorne und Weiss, 1931-35; Band VII und VIII ed. A.W. Burks, 1958. - SCHULZ, THEODORE: Panorama der Peirceschen Ästhetik, 1961, Ms.

Eingegangen am 22. Februar 1962

GRUNDBEGRIFFE EINER TOPOLOGISCHEN TEXTTHEORIE

von Max Bense, Stuttgart.

Texte sind sprachliche Gebilde, die aus Worten als den entscheidenden Elementen bestehen. Text ist der Oberbegriff für alle Arten der Zusammenstellung dieser Elemente in zeitlicher und räumlicher Hinsicht. Die Theorie dieser Zusammenstellungen heißt Texttheorie. Es ist eine materiale Theorie, sofern sie das aufgewendete Material, also die Worte, betrachtet, aber nicht ihre außersprachlichen Bedeutungen. Der Textbegriff, der vorausgesetzt wird, ist also nicht nur allgemein und abstrakt, sondern material. Wir bezeichnen Worte als elementares Textmaterial und Sätze oder bestimmte Folgen von Worten, wie Redefiguren und dergl. als komplexes Textmaterial. Allgemein sprechen wir einfach von Worten und Wortfolgen im linearen bzw. von Wortkonstellationen im flächigen Sinne. Analytische Texttheorie zerlegt gegebene Texte in elementares bzw. komplexes Textmaterial und kennzeichnet die Worte, Wortfolgen bzw. Wortkonstellationen nach klassifizierenden und, so weit das möglich ist, nach numerischen Gesichtspunkten. Synthetische Texttheorie geht nicht zerlegend, sondern aufbauend vor, leitet also aus gegebenen Materialien natürlich (menschlich) oder künstlich (maschinell) Texte ab.

Im allgemeinen zerfällt die materiale Texttheorie in Textstatistik, Texttopologie, Textsemiotik und Textästhetik. Textstatistik gibt eine statistische, Texttopologie eine topologische, Textsemiotik eine semiotische und Textästhetik eine auf jene Kennzeichnungen aufbauende ästhetische Beschreibung von Texten. Diese Anordnung im Ablauf der texttheoretischen Analyse entspricht dem vorausgesetzten Begriff der Ästhetik, der ein statistischer ist, wie ihn die neuere Ästhetik (informationelle statistische Ästhetik) eingeführt hat. Textstatistik ist neuerdings vor allem

von Guiraud, Herdan, Fucks, Benoit Mandelbrot u. a. entwickelt worden und zwar unter Berücksichtigung linguistischer, mathematischer und kommunikationstheoretischer Zusammenhänge. Im Folgenden geht es um die Herausarbeitung der grundlegenden texttopologischen Vorstellungen.

Während die Textstatistik den Text als gegliederte Elementenmenge einführt (Fucks), geht die Texttopologie vom Text als primär ungegliederter Elementenmenge aus. Sofern das Wort das einzige in Betracht zu ziehende Element sein soll, und alle Satzzeichen können natürlich durch Worte bezeichnet werden, dürfen wir von Wortmengen sprechen. Auf Mengen kann die Theorie der Mengen angewendet werden. Vom Standpunkt der Tatsache, daß das Wort das grundlegende Element der Texte ist, wird man Texttheorie als Mengentheorie der Worte betreiben können. Die Extensionalität aller Texte legt es nahe, Begriffe der Topologie auf sie anzuwenden, also eine Texttopologie aufzubauen. Nöbeling definierte "Topologie als eine allgemeine Theorie des Benachbartseins". Er geht dabei aus von einer Menge "irgendwelcher Dinge, die wir Punkte nennen". Es ist leicht einzusehen, daß solche "Dinge, die wir Punkte nennen" durch Worte bezeichnet werden können. Auf diese Weise kann man dann die Allgemeine Topologie in Texttopologie überführen und topologische Räume in Texträume. Der Raumbegriff wird in der Topologie so allgemein wie möglich gefaßt; er soll möglichst alles umfassen, was im weitesten Sinne des Wortes den Namen Raum verdient. Mir scheint, daß, wie die Phasenräume der Physik, die Matrizenräume, die Funktionenräume usw., auch Texte in diesem verallgemeinerten topologischen Sinne räumliche Modelle ein-, zwei- oder sogar dreidimensionaler Mannigfaltigkeit liefern.

Jeder Text ist durch zwei Bestimmungsstücke materialer Art gekennzeichnet: einmal durch einen gewissen Reichtum verschiedener Worte (W) und dann durch die Häufigkeit, mit der diese Worte vorkommen (F). Die Texttopologie bezieht sich primär auf die Worte eines Textes überhaupt (T) und denkt sich diesen Text herausgeschnitten (abgelesen) aus einem idealen Wörterbuch, das alle Worte, sowohl was ihren Reichtum wie auch ihre Frequenz anbetrifft, enthält (W). Diese Wortmenge (W) ist die den Texträumen zugrundeliegende Wortmenge überhaupt. Die topologische Struktur eines Textes kann demnach beschrieben werden durch die Eigenschaften der Beziehung zwischen beliebigen Worten und Texten, die in Bezug auf W als Umgebungen der Worte in W gekennzeichnet werden. Ein Text T definiert also in dem Sinne eine topologische Struktur, als jedem Wort E von W ein System U(E) von Teilmengen der Menge W, sogenannten Umgebungen von E, zugeordnet werden kann. Das System U(E) der Teilmengen von W sind Texte, in denen E vorkommt.

Ein Text T definiert also eine bestimmte Umgebung U_T eines Elementes (Wortes) E aus W im System der Umgebungen U(E) gemäß den (dementsprechend modifizierten) Hausdorffschen Umgebungsaxiomen

(UA 1) $E \; e \; U_T$ für jede Umgebung $U_T \; e \; U(E)$.

(UA 2) Wenn $U_T \; e \; U(E)$ und $V_T \supset U_T$, so $V_T \; e \; U(E)$.

(UA 3) Wenn $U_{T'}$, $U_{T''}$ e U(E), so $U_{T'} \cap U_{T''} \; e \; U(E)$; W e U(E).

(UA 4) Zu $U_T \; e \; U(E)$ gibt es ein $V_T \; e \; U(E)$ so, daß $U_T \; e \; U(G)$ für alle $G \; e \; V_T$.

($\cap$ ist das Zeichen für Durchschnitt, $\supset$ das Zeichen für [redacted], e das Zeichen für "Element von"). "enthalten in"

Nun können, wie jede Menge von Elementen, auch Texte als Mengen von Worten einmal vom Standpunkt der in ihnen gegebenen Strukturen betrachtet werden. Operationen bestimmen das, was man eine Algebra, Strukturen das, was man als ein Relativ bezeichnet hat. Ein kennzeichnender operationeller Begriff für Systeme von Mengen von Elementen (Texte) ist der des Verbandes. Ein Verband liegt vor, wenn in einem System von Mengen von Elementen (Texte) die Operationen Durchschnitt und Vereinigung sinnvoll sind. Nun kann man vom Durchschnitt von Texte sprechen, sofern sie Worte gemeinsam haben, und unter der Vereinigung eines Systems von Texten ist die Menge aller Worte zu verstehen, die mindestens zu einem Text gehören. Übrigens sind in diesem Falle Durchschnitt und Vereinigung auf das Vokabular V bezogen, sodaß wir vom V-Durchschnitt bzw. von der V-Vereinigung sprechen können. Selbstverständlich können aber Durchschnitt und Vereinigung auch auf die Frequenzen bezogen werden, was zum F-Durchschnitt bzw. zur F-Vereinigung führt. Jedenfalls ist es nicht schwer, festzustellen, daß Texte vom Standpunkt definierender Operationen wie Vereinigung und Durchschnitt der Algebra eines Verbandes genügen.

Ein kennzeichnender struktureller Begriff für Mengen von Elementen ist der der Halbordnung. Die Halbordnung ist ein Relativ und die Relative gehören zu den Strukturen. Man spricht in Bezug auf eine Menge von Elementen, in der eine zweistellige Relation gegeben ist, von einer Halbordnung, wenn für die Elemente in Bezug auf die Relation 1. das Gesetz der Reflexivität, 2. das Gesetz der Transitivität und 3. das Gesetz der Identität gilt. Man erkennt leicht, daß lineare Texte in Bezug

auf die Relation "folgt auf" eine Halbordnung bilden. Die genannten Axiome nehmen dann folgende Fassung an : wenn e, f, g ... Worte des linearen Textes sind gilt 1. e folgt auf e, 2. wenn g auf f folgt und f auf e, so folgt g auf e, 3. wenn f auf e folgt und e auf f, so ist e identisch mit f.

Wichtig ist noch der Begriff eines Komplementes eines Textes T. Wenn T in W gegeben ist, so ist unter dem Komplement des Textes T, also KT, die Menge aller Worte in W zu verstehen, die nicht zu T gehören.

Im Anschluß an den spezielleren topologischen Raumbegriff des hausdorffschen Raumes läßt sich hier schon der Begriff des hausdorffschen Textes einführen.

Wenn E und G zwei Worte von W sind, so gibt es Texte (Umgebungen) U_T e U(E) und V_T e U(G) derart, daß $U_T \cap V_T = \emptyset$, worin $\emptyset$ die leere Menge bedeutet. Dieses modifizierte hausdorffsche Trennungsaxiom ist die texttopologische Fassung der Tatsache, daß es für zwei verschiedene Worte eines Wortschatzes immer zwei Texte gibt, die keine Worte des Wortschatzes gemeinsam haben. Wortschätze bzw. Wortmengen W dieser Art heißen hausdorffsche Wortschätze.

Wenn w eine Teilmenge aus dem Wortschatz W ist, so kann man selbstverständlich von inneren und äußeren Worten in Bezug auf w in W sprechen. Ein Wort E e W heißt inneres Wort von w, wenn es eine Umgebung U_T e U(E) gibt, die ganz zu w gehört. Die Menge der inneren Worte von w (Kern) wird als $\underline{w}$ bezeichnet. Entsprechend heißt ein Wort E e W äußeres Wort von w, wenn es eine Umgebung U_T e U(E) gibt, die ganz zum Komplement Kw gehört. Schließlich heißt ein Wort E e W Randwort bezüglich w, wenn jeder Text, in dem E vorkommt, Worte von w und Worte von Kw enthält. Die Menge aller Randworte heißt der Rand von w, (rw). Ein Wort E e W Berührungswort von w, wenn in jedem Text, in dem E vorkommt, Worte von w vorkommen. Die Menge aller Berührungsworte heißt die Hülle von w, bezeichnet durch $\bar{w}$. Die Wortmenge w ist also Text aller und nur der Worte von $\underline{w}$.

In direkter Analogie zu den entsprechenden topologischen Begriffen kann man jetzt von offenen und geschlossenen Teilmengen von Worte bzw. Teilwortschätzen und Texten sprechen. Ein Teilwortschatz w heißt offen, wenn er nur aus den inneren

Punkten besteht, wenn also $w = \underline{w}$, und er heißt abgeschlossen, wenn w alle Berührungsworte enthält. Im ersten Falle sind die Randworte von w im Komplement Kw enthalten, im zweiten Falle sind die Randworte von w in w enthalten. Aus diesen Definitionen ergeben sich dann die bekannten Sätze der Topologie, modifiziert für die Texttopologie: Eine Wortmenge w ist dann und nur dann offen (bzw. ein offener Text) wenn das Komplement Kw abgeschlossen ist und eine Wortmenge w ist dann und nur dann abgeschlossen, wenn das Komplement Kw offen ist. Ein Teilwortschatz w aus der Wortmenge W ist somit dann und nur dann offen, wenn er der Text, (d.h. topologisch: Umgebung) aller seiner Worte ist.

Wir können alsdann den für die Texttheorie wichtigen Begriff des Kontextes topologisch als Zusammenhang (Konnex) verständlich machen. Im allgemeinen heißt ein topologischer Raum zusammenhängend (Konnex), wenn er keine Aufteilung in zwei nichtleere offene Teilmengen erlaubt. In diesem Sinne kann man streng nur vom Kontext eines Textes sprechen, wenn er nicht in zwei offene Wortmengen geteilt werden kann, d.h. texttopologisch einen Konnex darstellt.

Führt man den Begriff Komponente als maximal zusammenhängende Teilmengen eines Raumes bzw. einer Wortmenge W bzw. eines Textes T ein, so kann man im Anschluß an die topologischen Sätze texttopologisch folgendermaßen formulieren:

Jede Komponente von W bzw. T ist abgeschlossen. Jedes Wort ist eine Komponente. Das System aller Komponenten eines (nichtleeren) W oder T ist eine Zerlegung von W oder T. Ein W oder T ist z.Beispiel zusammenhängend, wenn er nur eine Komponente besitzt, also nur aus einem Wort besteht. Ein W oder ein T sind genau dann zusammenhängend, wenn es zu je zwei Worten eine zusammenhängende Teilmenge w bzw. einen zusammenhängenden Teiltext t gibt, die diese Worte enthalten. Ein Wortschatz W bzw. ein Text T heißen total unzusammenhängend, wenn alle Komponenten einwortig sind. Für den Text bedeutet das, daß er in diesem Falle nur einen Wortschatz bzw. ein Wörterbuch darstellt. Separierte Mengen haben fremde Umgebungen, d.h. zwei Teiltexte bilden keinen Zusammenhang, wenn sie zu fremden Texten gehören, also zu Texten, die kein Wort gemeinsam haben. Die Worte eines Textes gehören dem Durchschnitt der Systeme der Umgebungen dieser Worte in W an. Für zwei separierte Texte T_1 und T_2 gilt also $T_1 \frown \bar{T}_2 = \bar{T}_1 \frown T_2 = \emptyset$.

Kontexte können damit als maximale komplexe Komponenten eines texttopologischen Raumes W (d.h. eines Wortschatzes, eines Wörterbuches) aufgefaßt werden.

Man kann sich nun einen Text w in der Wortmenge W (Wortschatz) denken, der so beschaffen ist, daß jeder Text zu anderen Worten von W Worte von w enthält. Wir sagen dann: w ist ein dichter Text in W. Für einen dichten Text in W gilt offenbar w = W bzw. jeder nichtleere offene Teil von W enthält Worte von w.

Der topologische Textbegriff ist wie der topologische Raumbegriff sehr allgemein. Spezieller ist für die Topologie der metrische Raumbegriff und für die Texttopologie der metrische Textbegriff. Analog zu den Erklärungen, die in der Topologie für metrische Räume gegeben werden, kann man sagen, daß ein Text eine Metrik besitzt, wenn jedem Paar E, G von Worten des Wortschatzes W eine reelle Zahl zugeordnet werden kann, die als Abstand deutbar ist. Das ist natürlich ohne weiteres möglich, z.B. kann der Abstand als Differenz der Frequenz der Worte E, G in einem Häufigkeitswörterbuch eingeführt werden.

Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, daß es sich bei einer Übersetzung, topologisch gesehen, um die Abbildung einer Wortmenge in eine andere handelt, Im idealen Fall ordnet die Übersetzung jedem Element E e W ein bestimmtes Element G e V zu. Die Übersetzung hat die Bedeutung einer Funktion. Zwei topologische Wortmengen W und V heißen homöomorph, wenn es eine umkehrbar eindeutige Zuordnung von W in V gibt derart, daß dabei das System der offenen Mengen von W dem System der offenen Mengen von V entspricht.

Allerdings kann die Übersetzungsfunktion auch auf komplexe Komponenten von W bzw. V angewendet werden; z.B. auf Zusammenhänge (Konnexe) bzw. semantische Einheiten.

Selbst innerhalb eines einzigen gegebenen Wortschatzes W vermag die Übersetzungsfunktion zur Auswirkung zu kommen. Kontexte innerhalb eines Textes können innerhalb des gleichen Textes noch einmal formuliert werden. Teiltexte eines Textes können also den gleichen Kontext haben. Das läßt uns ganz allgemein formulieren, daß jeder Kontext die similare (ähnliche) Klasse similarer Klassen ist. Das kommt darin zum Ausdruck, daß jede Sprache (Wortschatz) erlaubt, Phrasen, Tropismen, Metonymien und Metaphern zu bilden, in denen zwei Kontexte (Zusammenhänge, Konnexe) einander zugeordnet werden, so daß topologisch vom Urkontext und Bildkontext oder einfach vom Urtext und Bildtext gesprochen werden darf.

Die Verwendung topologischer Begriffe zeigt, in welchem Sinne und in welchem Umfang jeder Text als Ausdruck materialer Nachbarschafts- bzw. Umgebungsbeziehungen beschrieben werden kann und wie weit der Begriff Text zu verallgemeinern ist. Der Begriff der topologischen Schreibweise, der aus dem topologischen Textbegriff abgeleitet werden kann, betrachtet den Sprachfluß wesentlich vom Standpunkt der Herstellung extensionaler Wortmengen im Sinne der Wortumgebungen bzw. der Wortnachbarschaften innerhalb einer gegebenen Sprache.

Wir haben den literaturwissenschaftlichen Begriff des Kontextes topologisch als zusammenhängenden Raum, als Konnex, eingeführt. Jeder Text läßt sich in Teiltexte zerlegen, die Kontexte darstellen oder stellt als Ganzes selbst einen solchen dar. Jeder Textraum, das heißt das, läßt sich in Konnexe zerlegen oder stellt als Ganzes selbst einen Konnex dar.

Ein Kontext ist als Konnex ein nicht-hausdorffscher Textraum, insofern er zusammenhängend ist, für ihn also keine Trennungsaxiome gelten, und er ist abgeschlossen, sofern es zu ihm ein offenes Textkomplement gibt. Er kann dicht sein, muß es aber nicht. Er ist dicht, wenn jeder nicht-leere offene Teil des allgemeinen zugrundeliegenden Textraumes W Worte von ihm enthält.

Sofern nun ein Kontext im Sinne eines Konnexes abgeschlossen ist, kann man auch in Analogie zu den gestuften topologischen Räumen Hausdorffs von gestuften Kontexträumen sprechen. Der unterste aller Kontexträume ist ein Textraum, in dem alle Worte isolierbar, alle Teilmengen abgeschlossen und einwortig sind, der also nur in einwortige Konnexe zerlegbar ist; es ist der total diskrete Textraum, praktisch ein bloßer Wortschatz, ein Wörterbuch. Dem gegenüber ist der oberste Textraum der, der als Konnex mit dem eigenen Wortschatz zusammenfällt oder in dem alle in W möglichen Texte und W selbst abgeschlossen sind. Dazwischen existiert natürlich eine ganze Stufenfolge konnexer Texträume (kT e W), also von Kontexten, die eine mehr oder weniger deutlich definierbare semantische Funktion erfüllen. Grammatische Partikel, Präfixe, Suffixe, Beugungen etc., logische Partikel wie "und", "oder", "wenn so" etc. und semantische Werte wie "wahr", "falsch" etc. können als topologische Funktoren, d.h. als konnexerzeugende Funktoren gedeutet werden. Atomsätze und molekülare Sätze fungieren topologisch als Konnexe, speziell als logische Kontexte. Die in den bekannten Shannonschen stochastischen

Textapproximationen auftretenden monogrammatischen, digrammatischen, trigrammatischen Wortgruppen sind als Frequenz-Konnexe verständlich, denen allerdings nicht der topologische Textraum W (gewöhnliches Wörterbuch), sondern der topologische Textraum F (ein Häufigkeitswörterbuch) zugrundeliegt. Mit diesen Frequenz-Konnexen nähert man sich, was das Prinzip anbetrifft, ästhetischen Konnexen, die (gemäß der statistischen und informationellen Ästhetik) ja ebenfalls statistischer Natur sind. Ich erörtere jedoch diese Zusammenhänge hier nicht, möchte aber hervorheben, daß sich von hier ein Zugang von den texttopologischen zu den textästhetischen Begriffsbildungen ergibt.

Denn es zeigt sich, daß nicht nur die bloße Extensionalität der Texte eine topologische Rolle spielt, sondern daß es innerhalb der als Umgebungssystem eines zugrundeliegenden allgemeinen Textraums eingeführten Texte auch Konvergenzen zu beachten gilt. Das Prinzip der Konvergenz, also die Limesbildung, ist von Punktfolgen auf Wortfolgen wenigstens in Annäherung übertragbar. Auch Wortfolgen können einen Limes haben, der naturgemäß wieder als Wort definiert ist, wenn der Textraum W ist. Daß dabei inhaltlich-intuitive Denkweisen stärker zur Geltung kommen als abstrakte bzw. numerische, ist klar.

Eine Wortfolge wie "vier haben ist außer Blick auch" hat in einem solchen Textraum W offenbar keinen Limes.

In "Schnee Schnee Schnee Schnee ..." ist "Schnee" der Limes der Wortfolge. In "A rose is a rose is a rose is a rose" ist "a rose" der Limes. In "Und wie ermutigt durch diesen vielleicht allzu freundlichen Zuspruch zogen sie ihren Kreis enger um mich" ist "mich" das Wort, auf das alle vorangehenden konvergieren.

Der texttopologische Limesbegriff stützt sich wie gesagt auf den Begriff der Wortfolge. Konvergente Wortfolgen sind Folgen, die auf ein bestimmtes Wort konvergieren. Wir sprechen von texttopologischer Konvergenz, vom Limes einer Wortfolge, vom Limeswort, von konvergenten oder nichtkonvergenten Texträumen, von konvergenten oder nichtkonvergenten Texten.

Ganz allgemein läßt sich formulieren, daß das Wort w eines hausdorffschen Textraumes W_h Limes oder Limeswort der Wortfolger $w_1, w_2, w_3 \ldots$ heißt, also $w = \lim_{n \to \infty} w_n$, wenn zu jedem Text (Umgebung) von w, also zu

$U_T \in U(w)$, ein $n_o = n_o(U)$ existiert, so daß das Wort w_n für $n > n_o$ zu U_T gehört.

Wenn also ein Text als Teilmenge eines zugrundeliegenden Wortschatzes bzw. Wörterbuches W aufgefaßt werden kann, so heißt ein Wort w, das zu W gehört, Limeswort dieses Textes, wenn es Limeswort einer Wortfolge des Textes ist. Kontexte im Sinne von Konnexen sind gemäß dieser Definition als konvergierende Wortfolgen aufzufassen. Konnexerzeugende Funktoren der Texttopologie können auch Wortfolgen hervorrufen, die konvergieren, also konvergenzerzeugend sein. "Es ist wahr, daß ...", "Wenn, ... so ..." bieten Beispiele. "Schnee Schnee Schnee Schnee..." ist, wie gesagt ein gegen "Schnee" konvergierender Text, aber er gehört in einen untersten Kontextraum, sofern seine Teilmengen abgeschlossen und einwortig sind. "Folgen von Folgen von Folgen von Folgen von Folgen" hingegen konvergiert gegen das Limeswort "Folgen", gehört aber in einen wesentlich höheren Kontextraum, sofern er als Ganzes einen Kontext darstellt. Davon abgesehen, daß es sich hier stets um Kontexte im Sinne der abstrakten Konnexe der Topologie handelt, gewährleisten sie ein semantisches Verständnis. Da ein Wort in zweierlei Hinsicht semantisch verständlich werden kann (also Bedeutung hat), einmal durch den Zusammenhang, in dem es auftritt und ein andermal durch die Häufigkeit, mit der es verwendet wird, erweist sich seine Bedeutung einmal als eine (text)-extensionale und das andere Mal als eine (text)-statistische, topologisch ausgedrückt (d.h. durch Nachbarschaftsbeziehungen): einmal als eine vokabulartopologische und das andere Mal als eine frequenztopologische. Eine Wortfolge mit so hoher Frequenz des Einzelwortes wie "Schnee ..." kann es sich leisten, seine Bedeutung durch seine bloße Frequenz zu vermitteln, während die Wortfolge zu "Folgen von ..." dazu den texttopologischen Konnex nötig hat.

Mit der Definition eines Textes als Menge von Elementen (die Wörter sind) bzw. als Textraum in einem topologischen Sinne ist das Wörterbuch als allgemeiner zugrundeliegender Textraum in die Texttheorie einbezogen worden. Nun sind Kode, Frequenz und Kontext nach linguistischer Auffassung Parameter, die den Gebrauch eines Wortes kennzeichnen. Wörterbücher enthüllen diesen Gebrauch.

Man kennt im allgemeinen zwei Arten von Wörterbüchern: das gewöhnliche Wörterbuch (z.B. von Duden), das das Vokabular, den Reichtum verschiedener Worte enthält, und das, keineswegs bereits für alle wichtigeren Sprachen existierende, Häufigkeitswörterbuch (z.B. von Kaeding), das die Frequenzen der einzelnen Worte angibt, also die Häufigkeit ihres Gebrauchs in der Sprachmasse einer Epoche oder im Werk eines bestimmten Autors u. dergl.

Die topologische Bestimmung des Kontextes als Konnex legt es nahe, an ein drittes Wörterbuch zu denken, in dem die Worte weder dem Kode nach noch gemäß der

Häufigkeit nach geordnet auftreten, sondern in einem Konnex, in einem Kontext erscheinen, der ihren Gebrauch erkennbar macht. Natürlich sind diese Konnexe jeweils aus mehreren möglichen selektiert worden. Der "Littré" in Frankreich beweist, daß ein solches kontextliches Wörterbuch im Prinzip sinnvoll und möglich ist. Die Auswahl der Konnexe kann überdies stärker nach semantischen oder stärker nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgen, je nach dem, zu was das kontextliche Wörterbuch dienen soll. Jedenfalls macht dieses dritte Wörterbuch, also das Wörterbuch der Konnexe, neben der linguistisch-syntaktischen auch die informativ-kommunikative Bedeutung eines Wortes klar.

Gerade die mit dem Konnex bzw. Kontext sichtbar werdende informativ-kommunikative Rolle eines Wortes legt allgemein eine semiotische Betrachtung oder Klassifikation der drei Wörterbücher nahe. Natürlich muß man sich dabei der peirceschen Semiotik, der subtilsten, die es gibt, bedienen und die Hinweise ausnützen, die Peirce in Richtung unseres Problems gegeben hat. Peirce, der u.a. zwischen symbol, index und icon unterschied, bemerkte, daß mit der Syntax die Sprache ikonisch würde. Da die Syntax mit dem Kontext bzw. mit dem Konnex erscheint, kann man sagen, daß ein Wörterbuch auf der Basis der Konnexe ein am sprachlichen icon orientiertes Wörterbuch, kurz, ein ikonisches Wörterbuch darstellt. Das Häufigkeitswörterbuch stellt dem gegenüber, da die numerische Frequenzangabe im peirceschen Sinne indexikalisch ist, ein indexikalisches Wörterbuch dar. Das gewöhnliche Wörterbuch, in dem die Wörter alphabetisch geordnet auftreten und nur als Symbole für Sachen etc. benutzt werden, wäre hingegen als symbolisches Wörterbuch zu bezeichnen.

Die Konstruktion besonderer semantischer oder ästhetischer Konnexe, um ein Wort durch einen Kontext festzulegen, kann eine besondere Aufgabe des Schreibens von Texten sein. Man kann sich dabei der Vorstellung minimaler aber auch maximaler Ausdehnung des Konnexes bedienen. "Morgen war (Weihnachen)", Käte Hamburgers (1956) "episches Präteritum" ist ein minimaler Konnex, der als Ganzes von so geringer Frequenz ist, obwohl beide Komponenten eine hohe Frequenz besitzen, daß er als ästhetischer Konnex bewertet werden kann (tatsächlich ist er literarischen Ursprungs). "Folgen von Folgen von Folgen von Folgen von Folgen" und "Ehe die Blumen der Freundschaft verwelkten, verwelkte Freundschaft" sind Beispiele anderer Konnexe literarischer Provenienz, die Worte sowohl semantisch wie auch ästhetisch festlegen, (das Wort "Folgen" und das Wort "verwelken").

Ich möchte noch einen weiteren Punkt in Betracht ziehen, der uns veranlaßt, von Texttopologie zu sprechen. Ich meine den Aspekt der Deformation (im Sinne der

Degradation eines Zeichens, von der schon Hegel, und im Sinne seiner Degeneration, von der Peirce gesprochen hat), der beim Schreiben von Texten zur Geltung kommt.

Fréchet hat in seiner kleinen "Introduction à la Topologie Combinatoire" (1946, zusammen mit Ky Fan) von jenen Eigenschaften gesprochen, die bei der Deformation einer Figur invariant bleiben. Diese Eigenschaften sind typisch topologische. Nachbarschaftseigenschaften, Umgebungseigenschaften gehören dazu. Jeder zusammengedrückte Kreis, jeder geschlossene Linienzug hat die gleichen Nachbarschaftseigenschaften wie ein geometrischer Ort aller derjenigen Punkte, die von einem festen Punkt konstanten Abstand haben. In Bezug auf diese Vorstellungen bildete Fréchet dann den Begriff einer "géométrie de caoutchouc".

In der Texttopologie kommt ein analoger Begriff von Deformation dadurch zur Wirksamkeit, daß wir beim Schreiben die Wortfolge zwar (theoretisch) einem Wörterbuch (einem Wortschatz) entnehmen, die einzelnen Worte aber gemäß des syntaktischen und grammatischen Gebrauchs, den wir von ihnen machen, deformieren. Schreibt man die Wortfolge eines beliebigen Satzes (oder einfach einer Zeile) so, wie die einzelnen Worte im Wörterbuch stehen, dann wird ersichtlich, daß jede Wortfolge eines Textes die entsprechende des Wörterbuchs mehr oder weniger deformiert.

In diesem Sinne verändert der Satz: "Er verlangte keines billigen Frühlings weicheren Wind" die Wortfolge des Wörterbuchs "Er verlangen kein billig Frühling weich Wind".

Grammatik und Syntax definieren also in gewisser Hinsicht die Elastizität sprachlicher Elemente, doch bleibt der rein topologische Konnex der Worte in der bloßen Wortfolge und im Satz derselbe. Frege machte die Bemerkung, daß die Stämme (der Worte) allein keine sprachliche Beziehung unter ihnen herstellen, sondern daß erst ihre grammatisch-syntaktische Veränderung diese Beziehung vollbringe. Frege denkt dabei natürlich an die semantische, nicht an die topologische Beziehung und an den sprachlichen Kontext, nicht an den materialen Konnex.

Die hier gemeinte texttopologische Deformation ist demnach durch die Tatsache bestimmt, daß sie die Nachbarschaftsverhältnisse der Worte nicht ändert, daß also der topologische Konnex der Worte eine Invariante darstellt. Schon hier kann man sich ein texttopologisches Deformationsmaß denken, daß die Zahl der (im Verhältnis zur entsprechenden Wortfolge in einem zugrundegelegten Wörterbuch) veränderten (deformierten) Worte einer Zeile, eines Satzes oder dergl. zählt.

"ich du er sie und es werden immer als unveränderlich gelten müssen" ist ein Text, der so, wie er hier steht, aus dem Wörterbuch gezogen werden kann, der Satz fällt also mit seiner Wortfolge zusammen, die Deformation ist gleich 0.

"keines anderen Mannes geliebtes Töchterchen hätte schrecklicherer Abende furchtbarer Ereignisse gedankenloser gedacht" ist hingegen ein Text, der an keiner Stelle mit der Wortfolge des Wörterbuches zusammenfällt (vorausgesetzt, daß "Töchterchen" nicht selbstständig, sondern nur abgeleitet im Wörterbuch fungiert), dessen Deformation im texttopologischen Sinne also den höchsten Wert besitzt, der als 1 bezeichnet werden kann. Es ist klar, daß bezüglich der texttopologischen Deformation nur Texte gleicher Länge (Wortzahl) verglichen werden können. (In unserem Falle besteht jeder Text aus 12 Worten). Wie weit ein Deformationsmaß als Stilcharakteristik eines Autors, einer Sprache, eines zeitlichen oder räumlichen Sprachraums ausgenützt werden kann, ist hier noch nicht abzusehen. (Eine erste Zählung in Kafkas "Schloß", Nathalie Sarrautes "Tropismen" und Heissenbüttels "Textbuch II" ergaben als durchschnittliche Werte für die topologische Deformation 28 %, 23 % und 18 %).

Es ist jedoch leicht einzusehen, daß die (statistische) Information der topologischen Wortfolge jeweils größer ist als ihre semantische Deformation. Man kann das auch so ausdrücken, daß man sagt, die Information eines topologischen Konnexes liegt höher als die seines semantischen Kontextes. Die grammatisch-syntaktische Deformation einer Wortfolge bedeutet zugleich eine Zunahme ihrer Redundanz. Deformationen des semantischen Kontextes erhöhen im allgemeinen seine statistische Information, die, sofern sie sich nicht als Bedeutung sondern als Material, also nicht intentional, sondern extensional auswirkt, als ästhetische deutbar ist.

Schrifttumsverzeichnis

FRANZ, W.: Topologie I, Berlin 1960. - HAMBURGER, K.: Logik der Dichtung, 1956. - HAUSDORFF, F.: Mengenlehre, 1935. - HERMES, H.: Einführung in die Verbandstheorie, 1955. -

Eingegangen am 7.2.1962

ENTWURF EINES LERNMODELLS AUF DER BASIS DER INFORMATIONSTHEORIE

von Felix von Cube, Stuttgart.

§ 1. Der zugrundegelegte Modellbegriff

In der Wissenschaftstheorie versteht man unter Modell eine Theorie, die bestimmte Bereiche der Wirklichkeit widerspruchsfrei und möglichst einfach beschreibt. Wir definieren indessen den Begriff des Modells in umgekehrter Weise:

In einer vorläufigen (noch zu präzisierenden) Fassung verstehen wir unter Modell eine "Realisation einer mathematischen Theorie oder eines Teiles einer solchen". Diese Definition ist aus folgenden Gründen zweckmäßig:

a) Durch den genannten Modellbegriff werden sowohl die Realisationen einer mathematischen Theorie (oder eines Teiles dieser Theorie) in einem gegebenen als auch in einem (aufgrund der Theorie) konstruierten Wirklichkeitsbereich erfaßt. Die einzelnen Modelle sind untereinander isomorph.

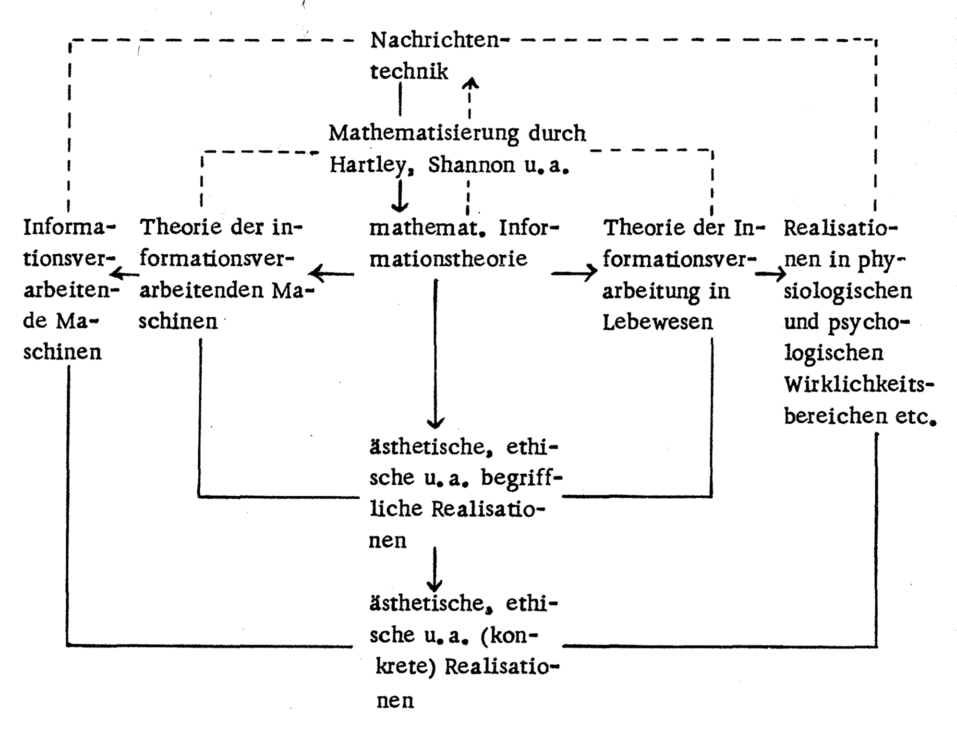
b) Der ursprünglich untersuchte Wirklichkeitsbereich (im umgangssprachlichen Sinne), aus dem die Theorie abstrahiert wurde, wird auf diese Weise (als Wirklichkeit im wissenschaftstheoretischen Sinne) zu einem Modell unter anderen isomorphen Modellen. Dieser Sachverhalt stimmt mit dem physikalischen Wirklichkeitsbegriff, der sich bekanntlich nur im Zusammenhang mit einer Theorie definieren läßt, überein; Modelle im bisherigen Sinne (als Theorie) und Modelle im oben definierten Sinne sind somit ebenfalls isomorph.

c) Der Begriff des Modells als Realisation einer mathematischen Theorie (oder eines Teiles einer solchen) umfaßt die umgangssprachliche Bedeutung von Modell als konkretes, konstruiertes und vereinfachtes Abbild einer Wirklichkeit auf dem Umweg über die (mathematische) Theorie.

Entsprechend den Begriffen "unvollständige" (mathematische) und "vollständige" Theorie unterscheiden wir zwei Arten von Realisationen: die begriffliche Realisa-

tion (d.h. die Realisation innerhalb eines fixierten Sprachsystems) einer unvollständigen (mathematischen) Theorie (Modell 1. Art) und die über die rein begriffliche Seinsklasse hinausgehende Realisation einer vollständigen Theorie (Modell 2. Art). (Modelle 2. Art können auch als Applikationen der mathematischen Theorie angesehen werden.)

Das folgende Schema gibt einen Überblick über die Modellfunktion der mathematischen Informationstheorie:



(Inneres Quadrat: Modelle 1. Art - Äußeres Quadrat: Modelle 2. Art)

(Bezüglich ästhetischer und ethischer Realisationen - z.B. Bense, 1957/58 - ist zu bemerken, daß es sich hierbei nicht unmittelbar um Realisationen der mathematischen Informationstheorie handelt, sondern um Realisationen von Theorien, die auf der Basis der Informationstheorie aufgebaut sind.)

Bei der Aufstellung von Modellen, die einem gegebenen Wirklichkeitsbereich entnommen werden sollen, ist zweierlei zu beachten:

1. Es ist zu prüfen, ob in dem Wirklichkeitsbereich, der als Modell einer mathematischen Theorie dargestellt werden soll, die strukturellen Voraussetzungen erfüllt sind, die einen Isomorphismus ermöglichen. Ein psychologisches Modell der Informationstheorie z.B. ist daraufhin zu prüfen, ob der (psychologische) Empfänger tatsächlich ein genau fixiertes Repertoire von unterscheidbaren Elementen besitzt, ob und in welcher Weise die Elemente des Repertoires mit Wahrscheinlichkeiten belegt sind usw. Es hat keinen Sinn, mit der Shannonschen Formel auf irgend einem "endlichen Schema" die Information zu messen, ohne das entsprechende "subjektive Schema" des menschlichen Empfängers zu kennen (Cube, 1960 a).

2. Ein Modell, das einen gegebenen Wirklichkeitsbereich darstellen soll, ist inhaltlich gebunden. Bei einem physikalischen Modell z.B. kommt diese Bindung lediglich durch eine Meßvorschrift zum Ausdruck; bei einem psychologischen Modell hingegen ist eine besondere Theorie der Zuordnung zwischen psychologischen Begriffen und den Leerstellen der (mathematischen) Theorie erforderlich. Ein mathematischer Parameter als solcher repräsentiert noch keine psychologische Größe. Die Zuordnung selbst kann nur in einer mathematiscne, technische, geisteswissenschaftliche etc. Begriffe umfassenden Metasprache vorgenommen werden. Solange keine spezielle, diese Zuordnung untersuchende Metasprache aufgestellt ist, müssen wir uns der obersten Metasprache, d.h. der Umgangssprache (Bense, 196o) bedienen.

§ 2. Das Lernmodell der Redundanztheorie

Die Frage, ob ein Lernmodell auf der Basis der (mathematischen) Informationstheorie aufgebaut werden kann, ist in dieser Form zu verneinen, da in dem als Modell darzustellenden Wirklichkeitsbereich (der Lernprozesse) die Voraussetzung der Identität von subjektivem und objektivem Schema per definitionem nicht erfüllt wird. Es soll daher im folgenden eine auf der (mathematischen) Informationstheorie aufbauende, als Basis eines Lernmodells dienende Theorie, die sogenannte "Redundanztheorie", entworfen werden:

1. Heuristik

Da ein Axiomensystem als solches über die bekannten mathematischen Bedingungen hinaus willkürlich aufgestellt werden kann, ist es zumindest zweckmäßig, die Axiome durch eine heuristische Betrachtung nahezulegen. Eine solche ergibt sich aus der Feststellung, daß den Prozessen der Wahrnehmung, des Lernens und Denkens ein Prinzip der (bewußten oder unbewußten) Erzeugung von Redundanz gemeinsam ist. Dieses "Redundanzprinzip" zeigt sich bei physiologischen Wahrnehmungsprozessen (vgl. Cherry, Zemanek u.a.), bei psychologischen Wahrnehmungsprozessen,

beim Wahrscheinlichkeitslernen, beim Auswendiglernen und bei Denkprozessen (vgl. Cube 1960 a-d und die dort angegebene Literatur). Die Redundanz kann bei den einzelnen Prozessen in durchaus verschiedener Weise erzeugt werden: durch "informationelle Akkommodation" (Frank, 1959), durch Speicherung, durch Superzeichenbildung etc. (s. unten). Untersucht man die Redundanzerzeugung im Zusammenhang mit dem Phänomen des Lernens, so werden folgende Hypothesen nahegelegt:

2. Hypothesen

Gegeben sei ein Sender der Form

$$\begin{pmatrix} z_1 & z_2 & \cdots & z_n \\ p_1 & p_2 & \cdots & p_n \\ \cdots & & p_i(j) & \cdots \end{pmatrix} \qquad \sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \,, \quad \sum_{i=1}^{n} p_i(j) = 1 \quad j = 1, \ldots, n \,.$$

und ein "selbstorganisierender Empfänger" der Form

$$\begin{pmatrix} z_1 & z_2 & \cdots & z_n \\ w_1 & w_2 & \cdots & w_n \\ \cdots & & w_i(j) & \cdots \end{pmatrix} \qquad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \,, \quad \sum_{i=1}^{n} w_i(j) = 1 \quad j = 1, \ldots, n \,.$$

der die folgenden Bedingungen erfülle:

a) die w_i streben in einem endlichen Zeitintervall näherungsweise gegen die p_i;
b) entsprechendes gelte für die bedingten Wahrscheinlichkeiten;
c) die Informationsaufnahmekapazität C eines (postulierten) Kurzspeichers sei konstant;
d) die Zuflußkapazität K eines (postulierten) Gedächtnisses sei konstant ($K < C$);
e) der Empfänger soll Superzeichen bilden und als neue Informationseinheiten verwenden können.

3. Theoreme (Auswahl)

Durch die genannten Eigenschaften ist der selbstorganisierende Empfänger (theoretisch) in der Lage, auf dreifache Art Redundanz zu erzeugen:
a) Redundanz durch informationelle Approximation (Akkommodation). Beim Wahrscheinlichkeitslernen des Menschen entspricht diesem Prozeß ein "subjektiver Neg-

entropieprozeß" (Cube, 1960 c), d.h. also ein Prozeß der subjektiven Redundanzerzeugung.
b) Redundanz durch Speicherung. Bei fortgesetzter Wiederholung eines Textes wird die subjektive Information dieses Textes (für den Kurzspeicher bzw. das Bewußtsein) immer kleiner, d.h. der Text wird (subjektiv) redundant. Bei vollständiger Speicherung ist die subjektive Information des Textes gleich Null (Cube, 1960 d).
c) Redundanz durch Superzeichenbildung. Durch Kombination von Elementen zu neuen Informationseinheiten kann die Entropie des subjektiven Schemas und die subjektive Information gegebener Texte herabgesetzt werden (vgl. Frank, 1959 und Cube, 1961 d).

Die mathematische Redundanztheorie ist, wie wir später zeigen werden - geeignet, sowohl als Basis eines allgemeinen Lernmodells als auch speziell eines Modells menschlicher Lernprozesse zu dienen.

§ 3. Über die theoretische und praktische Bedeutung des Lernmodells der Redundanztheorie

Der Unterschied des hier entworfenen Lernmodells zu Modellen der traditionellen Lernpsychologie liegt vor allem in der Methode. Das Charakteristische der beschriebenen Methode, das einerseits ihre Exaktheit und andererseits ihre vielseitige Anwendbarkeit bedingt, ist die Trennung von Struktur und Inhalt. Eine mathematische Theorie ist stets inhaltsleer und kann daher in den verschiedensten Bereichen angewandt werden. Freilich betrifft eine solche mathematische Theorie immer nur Beziehungen, Strukturen, Maße; möchte man eine inhaltliche Aussage über irgend einen (gegebenen oder konstruierten) Wirklichkeitsbereich machen, so muß man die Begriffe dieses Bereiches den Leerstellen der Theorie zuordnen. Gelingt dies, so werden die Theoreme der Theorie zu Sätzen des betreffenden Wirklichkeitsbereiches, genauer: zu Sätzen eines Modells zu diesem Wirklichkeitsbereich.

Auf physikalischem Gebiet wurde durch diese Methode der Fortschritt von Naturwissenschaft und Technik begründet. Eine Anwendung auf geisteswissenschaftliche Bereiche stößt zwar auf Widerstände, doch ist sie im Prinzip durchaus denkbar: Auch in geisteswissenschaftlichen Bereichen finden sich Strukturen und Gesetzmäßigkeiten, die einer mathematischen Erfassung zugänglich sind (man denke z.B. an das Prinzip der Rückkopplung). Freilich beschäftigt sich jede mathematische Theorie (speziell auch die Informationstheorie) eben nur mit diesen Strukturen und nicht mit dem jeweiligen in einer (mathematischen) Theorie nicht formulierbaren Inhalt. Die Aussagen der Theorie als solcher berühren somit keine spezifisch geisteswissenschaftlichen Belange: die geisteswissenschaftlichen Begriffe sind autonom.

Man wird sich fragen, welche praktische Bedeutung diese Methode der Trennung und nachträglichenZuordnung von Struktur und Inhalt auf dem Gebiet des menschlichen Lernens besitzt. Hier wird sich zeigen, daß die wissenschaftstheoretische Methode auf praktischem Gebiete ebenso von Vorteil ist wie die entsprechende Methode in Physik und Technik. In der Physik hat die Abstraktion vom Inhalt nicht nur zum Aufbau exakter wissenschaftlicher Theorien geführt, sondern auch nur zur praktischen Auswertung in der Technik. Ohne über das "Wesen" der physikalischen Begriffe Aussagen zu machen, gelingt es dem Physiker und Techniker, physikalische Begriffe in genau berechenbarer Weise anzuwenden. Etwas ähnliches kann von einer informationellen Lerntheorie erwartet werden: ohne eine Aussage über den Inhalt psychologischer Begriffe und das "Wesen" psychologischer Vorgänge zu machen, kann eine direkte praktische Anwendung erfolgen. Wir wollen dies am Beispiel des Auswendiglernens zeigen:

Guyer (1960) spricht davon, daß man das Üben - wie überhaupt das Lernen - nur vom ganzheitlichen Standpunkt aus betrachten dürfe, da der Übungserfolg von der Begabung, von Interesse, Aufmerksamkeit etc. abhänge. Dies ist gewiß richtig, um aber zu quantitativen und praktisch verwertbaren Ergebnissen zu kommen, muß man eben doch einen anderen Weg beschreiten. So hat sich z.B. durch zahlreiche Versuche an "sinnlosem" Material ergeben, daß die in einer Sekunde ins Dauergedächtnis aufgenommene Information ziemlich konstant bei etwa o,7 bit liegt. Die Lernversuche abstrahieren dabei mit Absicht möglichst weitgehend von Phänomenen, die einer Messung nicht direkt zugänglich sind, wie z.B. "Sinn", "Interesse", "Aufmerksamkeit" etc. Tatsächlich kommt man bei dieser, von Guyer so verworfenen "atomistisch-mechanistischen Betrachtungsweise" auf mathematische Formeln, die - für solches Lernmaterial - zumindest grob gültige quantitative Aussagen über die Anzahl der notwendigen Wiederholungen machen (Cube, 196o d).

Braucht nun eine Versuchsperson zum Lernen irgend eines vorgelegten Materials erheblich mehr oder weniger Wiederholungen als diese Normzahl angibt, so kann man daraus Schlüsse ziehen auf die Phänomene "Sinn", "Interesse", "Aufmerksamkeit" etc. Es sei noch einmal betont, daß durch solche Differenzzahlen keine Aussage über den Inhalt dieser Begriffe gemacht wird, es wird lediglich etwas gemessen, das diesen Begriffen zugeordnet werden kann. Solche Vergleichszahlen können zweifellos von großer praktischer Bedeutung sein: man denke z.B. an den Intelligenzquotienten, der in Fragen der Schulreife eine wichtige Rolle spielt, ohne daß man etwa sagen könnte, der Intelligenzquotient charakterisiere das "Wesen" der Intelligenz. Die Aufstellung von Normzahlen ermöglicht eine individuelle Diagnose und ist somit von hohem praktischem Wert.

Gerade in der Tatsache, daß die Informationstheorie ohne Aussagen über Wesen oder Inhalt von "Sinn", "Intelligenz" etc. machen zu wollen, praktisch nützliche Maßzahlen liefern kann, sehen wir eine der wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten dieser Methode.

Das Lernmodell der Redundanztheorie ist indessen noch in weiterer Hinsicht von Bedeutung: Die Mathematisierung der strukturellen Vorgänge des Lernens ermöglicht - wie in den physikalischen und technischen Wissenschaften - Kontrolle, Vorhersage und Eingriff, d.h. in diesem Falle: sie liefert die Basis für didaktische Konsequenzen.

Schrifttumsverzeichnis

BENSE, MAX: "Aspekte der Realisationstheorie", Vereinigung von Freunden der Technischen Hochschule Stuttgart 1957/58; "Über Metatheorie. Die Erweiterung des Metaphysikbegriffs", GrKG 1 (1960) H. 3, S. 81-84. - CHERRY, C: "On Human Communication. A Review, a Survey, and a Criticism", New York und London 1957. - VON CUBE, FELIX: "Grundsätzliche Probleme bei der Anwendung der Shannonschen Formel auf Wahrnehmungstheorie und Lerntheorie", GrKG 1 (1960 a) H. 1, S. 17-24; "Der Begriff der Intelligenz in psychologischer und informationstheoretischer Sicht" GrKG 1 (1960 b) H. 2, S. 56-61; "Über informationstheoretische Probleme in Lerntheorie und Didaktik" GrKG 1 (1960 c) H. 4, S. 1o5-112; "Zur Theorie des mechanischen Lernens" GrKG 1 (1960 d), H. 5, S. 143-144; "Über ein Verfahren der mechanischen Didaktik" GrKG 2 (1961) H. 1, S. 7-10. - FRANK, HELMAR: "Grundlagenprobleme der Informationsästhetik und erste Anwendung auf die mime pure", Dissertation TH Stuttgart, 1959; "Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses" GrKG 2 (1961) H. 1, S. 17-24. - GUYER, W: "Wie wir lernen", 3. Auflage Zürich und Stuttgart 1960. - ZEMANEK, H: "Elementare Informationstheorie", R. Oldenbourg Wien und München, 1959.

Eingegangen am 7. November 1961

KURZINFORMATIONEN

Kybernetische Veranstaltungen

Second International Congress of Cybernetic Medicine, 16. - 19. April 1962 Amsterdam. (Sprachen: Deutsch, Englisch, Französisch). - Colloque de Royaumont du groupe des Colloques philosophiques internationaux de Royaumont, Thema: "Le concept d'information dans la science contemporaine". 6. - 11. Juli, 1962, Royaumont. (Konferenzsprache: Französisch). - 8. Karlsruher Lerntagung. 27. Juli 1962, Karlsruhe (Sprache: Deutsch). - Congress 62 der International Federation for Information Processing (IFIP, 27. August - 1. September 1962, München (Konferenzsprachen: Englisch und Französisch.)) - IRE Symposion on Information Theory, Brüssel, 3. - 7. September, 1962 (Konferenzsprachen: Englisch und Französisch). - 9. Karlsruher Lerntagung. Karlsruhe, 26.1o.62 (Sprache: Deutsch). - DAGK-Tagung Karlsruhe 1963 ("II. Karlsruher Kybernetik-Kongress") Karlsruhe, 23.4. - 25. 4. (Sprachen: Deutsch und Englisch, evt. Französisch).

Gründung einer Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik

In der zum 3.2.1962 gemeinsam von VDE und VDI nach Frankfurt (M) einberufenen Gründungsversammlung wurde die Deutsche Arbeitsgemeinschaft Kybernetik (DAGK) gegründet, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, den gegenseitigen Erfahrungsaustausch der auf dem Gebiet der Kybernetik tätigen Organisationen zu fördern und wissenschaftliche und technische Fragen aus dem gesamten Gebiet der Kybernetik gemeinsam zu behandeln. An der Gründung waren die folgenden Organisationen beteiligt: Deutsche Gesellschaft für Biophysik, Deutsche Gesellschaft für Psychologie, Deutsche Physiologische Gesellschaft, Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik, Gesellschaft für Physikalische Biologie, Verband Deutscher Elektrotechniker, Verband Deutscher Physikalischen Gesellschaften, Verein Deutscher Ingenieure. Weiteren wissenschaftlichen Organisationen, die sich auf dem Gebiet der Kybernetik betätigen, steht der Eintritt in die DAGK offen. In den Vorstand der Arbeitsgemeinschaft wurden gewählt: Prof. Dr. H.J. Antweiler, Bonn; Prof. Dr. F.L. Bauer, Mainz; Prof. Dr. med. W.D. Keidel, Erlangen (Vorsitzender); Prof. Dr. W. Kroebel, Kiel (Stellv. Vorsitzender); Prof. Dr.-Ing. K. Steinbuch, Karlsruhe (Stellv. Vorsitzender). Die Geschäftsstelle der DAGK wurde der Geschäftsführung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (Dr.-Ing. H. Burghoff, Frankfurt (M) S 1o, Stresemann Allee 21, VDE-Haus treuhänderisch übertragen.)

AUTOMATISCHE ÜBERSETZUNG (aÜ) UND SPRACHE

von Helmuth Henkel, Aix en Provence.

Der Übersetzungsvorgang ist bisher nur am Rande Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung gewesen. Es gibt vorläufig weder eine allgemeine Übersetzungstheorie noch eine Theorie für das Übersetzen aus einer bestimmten Sprache in eine andere. Dagegen fehlt es nicht an Untersuchungen, die das Problem der Übersetzung mittelbar oder unmittelbar berühren. Ich weise nur hin auf die vergleichende Sprachwissenschaft sowie auf die in jüngster Vergangenheit erschienenen Arbeiten in vergleichender Stylistik (Malblanc, 1961; Vinay und Darbelnet, 1958). Hierher gehört auch das erst kürzlich erschienene Buch von R. W. Jumpelt über "Die Übersetzung naturwissenschaftlicher und technischer Literatur". Es ist meines Wissens die erste grundlegende wissenschaftliche Untersuchung über das Problem der Ü - allerdings, wie der Titel sagt, der Ü nat'wiss.-techn. Literatur. Ein Teil der hier vorgelegten Erkenntnisse sind m. E. gerade auch für das Problem der automatischen Ü bedeutungsvoll. Wir werden im Laufe unserer Ausführungen noch Gelegenheiten haben, darauf zurückzukommen.

Wo der Gedanke an eine aÜ zum ersten Mal auftaucht, ist schwer zu sagen. Die ersten Ansätze zu seiner praktischen Verwirklichung sind aber im Bereich der Mathematik und Naturwissenschaften zu suchen. Hier entsprang die Bemühung um eine Automatisierung der Ü vor allen Dingen dem Bedürfnis nach möglichst rascher Ü von einer Flut von Veröffentlichungen, die unübersetzt nur einem sehr begrenzten Kreis von Leuten zugänglich sind. Noch kann dieses Bedürfnis mit Hilfe von Rechenautomaten nicht befriedigt werden, und es ist auch schwer zu sagen, wann eine automatische und zugleich vollwertige Ü mit Hilfe von Rechenautomaten möglich sein wird. Wenn ich sage 'vollwertig', dann bezieht sich diese Bezeichnung lediglich auf die Verständlichkeit und Zuverlässigkeit einer solchen Ü, nicht aber auf sprachliche Schönheit und Eleganz. Denn auf Grund des rein praktischen Zieles geht es bei der aÜ einzig und allein darum, den Sinn eines in einer Ausgangssprache A gegebenen Textes in eine Zielsprache B wiederzugeben. Hierin unterscheidet sich die aÜ - wenigstens vorläufig - von der Ü, wie sie der Mensch versteht.

Der entscheidende Unterschied der aÜ zur Ü durch den Menschen liegt im Verfahren. Übersetzt der Mensch eine in einer Sprache A gegebene Aussage in eine Sprache B, dann erfaßt er zunächst den Sinn dieser Aussage, und zwar auf Grund der in der Sprache A vorliegenden sprachlichen Form. Anschließend kleidet er diesen Sinn in die sprachliche Form von B. Der Rechenautomat dagegen kann - wenigstens vorläufig - diese Umsetzung nur auf der Ebene der sprachlichen Form, d. h. an Hand objektiv feststellbarer und beschreibbarer Größen durchführen.

Eine sprachliche Aussage setzt sich zusammen aus einzelnen Wörtern. Daß das Wort vom Standpunkt der Sprachwissenschaft aus betrachtet gar keine eindeutig bestimmte Größe darstellt und demzufolge als Einheit der sprachlichen Aussage nicht in Frage kommt, braucht uns hier weiter nicht zu berühren. Vom Standpunkt eines übersetzenden Rechenautomaten, der, wie wir sahen, nur mit eindeutig bestimmbaren Größen umzugehen vermag, ist dies aber möglich, weil das Wort, rein formal gesehen, sich als eine eindeutig bestimmbare Größe erweist: es ist eine Folge von Buchstaben innerhalb zweier Zwischenräume.

Der Inhalt einer sprachlichen Aussage liegt aber nicht allein beschlossen in der Bedeutung der einzelnen Wörter, die diese Aussage aufbauen, sondern zugleich in ihrer Beziehung zueinander. Diese Beziehung wird einmal ausgedrückt durch äußerlich sichtbare Zeichen, d.h. Endungen und Funktionswörter, zum anderen aber auch durch die Wortstellung. In der Terminologie der Grammatik heißt das: eine sprachliche Aussage setzt sich zusammen aus lexikalischen, morphologischen und syntaktischen Elementen. Aus Gründen der Übersicht ist es vorteilhaft, diese Dreiteilung beizubehalten, wenn wir uns auch bewußt sein müssen, daß sie nicht dem wirklichen Sachverhalt entspricht, indem nämlich zwischen Morphologie und Syntax kein grundsätzlicher Unterschied besteht; sie sind nur zwei verschiedene Mittel zur Bezeichnung der Beziehungen zwischen den einzelnen Wörtern.

Diese drei Komponenten - und zwar in ihrer rein formalen Beschaffenheit - sind für den übersetzenden Rechenautomaten das Material, das er zu bearbeiten hat. Einen Satz aus einer Sprache A in eine Sprache B übersetzen, bedeutet demnach für den Rechenautomaten, die drei Komponenten, die zusammen in der Ausgangssprache den Sinn dieses Satzes einschließen, durch entsprechende Komponenten der Zielsprache zu ersetzen, die denselben Sinn bilden.

Für die praktische Durchführung einer aÜ schließt jede dieser drei Komponenten besondere Probleme ein. Bedingt werden diese Probleme einmal durch die technischen Gegebenheiten eines Rechenautomaten, zum andern aber durch die Gegebenheiten der Sprache. Wir werden uns hier hauptsächlich mit den sprachlichen Gegebenheiten und den daraus sich ergebenden Problemen für die aÜ zu befassen haben.

Bei der aÜ eines Textes aus der Sprache A in die Sprache B wird der Rechenautomat zunächst zu jedem Wort der Sprache A das entsprechende Wort der Sprache B im Wörterbuch aufsuchen. Dieses Wörterbuch muß natürlich zuvor in seinem Gedächtnis gespeichert werden. Dieser Vorgang läßt sich durchaus mit der menschlichen Tätigkeit des Nachschlagens von Wörtern in einem Wörterbuch vergleichen. Rein technisch gesehen ergibt sich hierbei d i e Schwierigkeit, einerseits eine möglichst große Zahl von Wörtern zu speichern, andererseits aber in möglichst

kurzer Zeit ein gesuchtes Wort aufzufinden. Diese Schwierigkeit ist jedoch belanglos im Vergleich mit dem sprachlichen Problem, das viel grundsätzlicherer Art ist.

Nicht jedes Wort der Sprache A hat eine genaue und noch weniger nur eine einzige Entsprechung in der Sprache B. Wir brauchen nur ein Wörterbuch aufzuschlagen, um diese Tatsache bestätigt zu finden. Daß ein Wort der Sprache A eine genaue Entsprechung in der Sprache B hat, oder daß es zu einem Wort der Sprache A nur eine einzige Übersetzung in der Sprache B gibt, gehört zu den Ausnahmen. Hierher gehören etwa die Namen der Wochentage oder auch die Namen für Pflanzen und Tiere - letztere aber auch nur beschränkt. In den meisten Fällen finden wir in einem Wörterbuch für ein Wort der Sprache A mehrere mögliche Übersetzungen in der Sprache B. Manchmal liegen die verschiedenen Wörter, durch die ein Wort der Sprache A in der Sprache B wiedergegeben werden kann, bedeutungsmäßig so eng beieinander, daß man unter ihnen dasjenige auswählen kann, dessen Bedeutung alle übrigen Wörter gleichsam miteinschließt. So ist es beispielsweise möglich das frz. Wort "imiter" immer nur durch das dt. Wort "nachahmen" wiederzugeben. Freilich mag diese Ü nicht immer sehr elegant, ja manchmal sogar etwas unbeholfen klingen, - sie ist aber als Näherungslösung denkbar, da sie in allen Fällen den Sinn erkennen lassen dürfte und bestimmt nie einen falschen Sinn liefert.

Das eigentliche Problem beginnt erst mit den im prägnanten Sinne des Wortes mehrdeutigen Wörtern. Dazu gehören zunächst die Homonyme, genauer gesagt, die Homographe, die etymologisch gesehen verschiedenen Ursprungs sein können. Das dt. Wort "Schloß" muß im Frz. entweder mit 'château' oder mit 'serrure' übersetzt werden. Umgekehrt ergibt frz. "temps" im Dt. einmal 'Zeit', ein andermal 'Wetter'. In beiden Fällen handelt es sich ursprünglich um dasselbe Wort, das aber im Laufe der Zeit eine bedeutungsmäßige Differenzierung durchgemacht hat. Anders verhält es sich dagegen mit einem Wort wie "Miete". Die verschiedenen Bedeutungen dieses Wortes gehen auf zwei ursprünglich verschiedene Wörter zurück, die aber auf Grund ihrer Entwicklung, die sie durchgemacht haben in Lautung und Schreibung zusammengefallen sind. Der sprachgeschichtliche Hintergrund der Homonymie ist natürlich für die aÜ ohne Belang. Entscheidend ist nur, daß es sich hierbei um Wörter handelt, die zwei oder mehrere ganz verschiedene Bedeutungen haben können. Im allgemeinen darf aber die Schwierigkeit, die diese Wörter für die aÜ bieten als verhältnismäßig gering angesehen werden. Wenn wir nebeneinander stellen: a) der Hahn ist jung, b) der Hahn ist dicht, dann wissen wir in jedem der beiden Fälle, um welchen Hahn es sich handelt, und zwar - wie leicht zu erkennen ist - auf Grund der begleitenden Adjektive. Sagen wir dagegen "ein neuer Hahn", dann genügt das Adjektiv 'neu' nicht mehr, um den spezifischen Sinn von Hahn zu erkennen. Hier werden zur eindeutigen Bestimmung des Sinnes noch weitere benachbarte Wörter herangezogen werden müssen. Auf Grund dieses sehr ein-

fachen Beispiels können wir bereits erkennen, daß sich ein Homonym in der grossen Mehrzahl der Fälle mit Hilfe der unmittelbar benachbarten Wörter - man spricht hier auch von Mikrokontext - richtig übersetzen läßt. Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden, daß diese Bedingungen auch für die Ü durch einen Rechenautomaten ausreichen. Zur praktischen Durchführung sind aber dazu noch gewisse Vorarbeiten notwendig. Zu jedem mehrdeutigen Wort dieser Art müssen diejenigen Wörter bestimmt werden, die einzeln oder mehrere zusammen für eine bestimmte Bedeutung eines solchen Wortes entscheidend sind.

Nun gibt es aber auch noch Wörter, deren Bedeutung sich nicht oder nicht allein mit Hilfe des Mikrokontexts erschließen läßt. Eine scharfe Abgrenzung dieser Wörte gegenüber den Homonymen ist übrigens nicht möglich. Es handelt sich um die große Zahl von Wörtern, die einerseits der Gemeinsprache, andererseits aber einer oder mehreren Fachsprachen angehören und dort jeweils eine besondere Bedeutung angenommen haben. Der Gedanke liegt nun nahe, einzelne Fachwörterbücher anzulegen. Stößt der Rechenautomat auf ein Wort, dessen Bedeutung von dem Fachgebiet abhängt, auf dem es angewandt wird, dann genügt die Angabe des Fachgebiets, aus dem der zu übersetzende Text stammt, damit der Rechenautomat das Wort in dem betreffenden Fachwörterbuch aufsucht. In gewissem Umfang ist dieses Verfahren brauchbar. Es setzt aber voraus, daß ein Fachwort innerhalb eines bestimmten Textes immer nur in seiner fachwörtlichen und nie in seiner gemeinsprachlichen Bedeutung gebraucht wird, eine Voraussetzung, die wohl nicht 100% aber doch in sehr weitem Maße erfüllt sein dürfte. Ferner aber setzt es noch voraus, daß ein Fachwort nur e i n e ganz genau festgelegte Bedeutung habe, und diese Voraussetzung ist nicht immer erfüllt. So kann beispielsweise das dt. Wort "Leistung" 5 verschiedene Bedeutungen haben (für jede der 5 Bedeutungen wird zusätzlich, s. Muster, noch die englische Ü angegeben).

1. Das Leistungsniveau allgemein (performance)
2. Die prozentual errechnete Leistung = Wirkungsgrad (efficiency)
3. Die abgegebene Leistung (output)
4. Die in der Zeiteinheit verrichtete Arbeitsleistung (power)
5. Das Leistungsvermögen (capacity).

Das Beispiel ist dem eingangs genannten Buch von Jumpelt entnommen. Es läßt sich nicht erkennen, ob diese 5 möglichen Bedeutungen von "Leistung" in ein und demselben Text vorkommen können. Selbst wenn das nicht der Fall sein sollte, dann bleibt noch die Schwierigkeit, daß die Bedeutung nicht immer klar aus dem Zusammenhang hervorgeht (Jumpelt, 1961, S. 59), und wir müssen noch hinzufügen, daß es sich hierbei um eine Schwierigkeit selbst für den menschlichen Übersetzer handelt. Daß ein Wort innerhalb eines ganz bestimmten Fachgebiets mehrere Bedeutungen haben kann, läßt sich besonders schön an Hand des engl. Wortes

"control" nachweisen. Bereits in der Gemeinsprache ist dieses Wort vieldeutig. Darüberhinaus bezeichnet es auch in der Technik sehr verschiedene Dinge. Aber selbst in einem noch engeren Bereich, nämlich der Regeltechnik, kann es bezeichnen:

1. die Steuerung, die ihrerseits nochmals unterteilt werden kann in:
   a) die Tätigkeit des Steuerns
   b) eine Einrichtung zum Einstellen der Größe, wobei aber die Messung dieser Größe oder einer eindeutig mit ihr zusammenhängenden Größe nicht als Grundlage der Einstellung dient
2. die Regelung, ein Vorgang, bei dem ein vorgegebener Wert einer Größe auf Grund der Kontrolle dieser Größe eingestellt und aufrechterhalten wird
3. ein Bedienorgan (Knopf, Hebel, Schalter).

Dieses Beispiel ist ebenfalls dem Buch von Jumpelt entnommen. (Jumpelt, 1961, S. 60/61). Diese beiden Beispiele zeigen, daß auch innerhalb eines bestimmten Fachgebietes ein Wort nicht immer seiner Bedeutung nach eindeutig festliegt. Diese Tatsache wiegt umso schwerer, als es gerade bei der Ü von Fachliteratur - das Nahziel der aÜ - auf die richtige Erfassung und Wiedergabe von Fachausdrücken ankommt. Das Problem der Ü mehrdeutiger Wörter in der Fachliteratur wird dadurch noch erschwert, daß es nach Angabe von Jumpelt selbst für den menschlichen Übersetzer in vielen Fällen unmöglich sei, die Bedeutung eines mehrdeutigen Wortes aus dem Text zu ermitteln, und daß als letzter Ausweg nur eine Anfrage beim Verfasser bleibe (Jumpelt, 1961, S. 61). Fragen wir noch, wie häufig solche mehrdeutige Wörter in der Fachliteratur sind. Nach Jumpelt (im Anschluß an eine Untersuchung von K.E. Harper in: MT IV/1957, S. 68-69), können bis zu 30% aller Wörter mehrdeutig sein. Davon seien 2/3 aus dem Zusammenhang zu erschliessen; es können also bis zu 10% aller Wörter eines Textes für die Ü ernsthafte Schwierigkeiten bedeuten (Jumpelt, 1961, S. 60/61). Vergegenwärtigen wir uns noch, daß diese Feststellungen im Hinblick auf den Menschen getroffen werden, dann können wir ermessen, welches Problem die vieldeutigen Wörter für die aÜ darstellen, und zwar - das sei ausdrücklich nochmals hervorgehoben - im Rahmen der reinen Fachliteratur.

Was wir soeben in Bezug auf Fachsprachen festgestellt haben, gilt natürlich ebenso für die Gemeinsprache; nur daß hier das Problem der Polysemie eher noch häufiger begegnen mag als dort.

Das Problem der Polysemie ist m.E. die größte Schwierigkeit für die aÜ. Eine Lösung des Problems innerhalb der einzelnen Fachsprachen mit Hilfe von Fachwörterbüchern darf auf Grund der festgestellten Tatsache als unzureichend angesehen werden. Eine brauchbare Lösung steht noch aus. Sie wird aber grundsätzlich dieselbe sein wie im Falle der Homonymie, d.h. die Ü kann auch nur gegründet sein auf ein Verfahren, das in der Umgebung mehrdeutiger Wörter diejenigen Kriterien

aufsucht, die für deren jeweilige Bedeutung ausschlaggebend sind. Daß es sich dabei um sehr komplizierte Untersuchungen handeln wird, kann kaum bezweifelt werden. Auch dürften die Vorarbeiten hierzu nur mit Hilfe von Rechenautomaten durchzuführen sein.

Wenn wir uns abschließend noch kurz überlegen, woran es eigentlich liegt, daß die Ü mehrdeutiger Wörter für den Rechenautomaten so schwierig ist, während sie doch für den Menschen nichts Außergewöhnliches darstellt, dann erkennen wir, was es bedeutet, daß der Mensch beim Übersetzen den Gesamtsinn gegenwärtig hat, während der Rechenautomat auf formale Gegebenheiten angewiesen bleibt. Oder anders ausgedrückt: das Bewußtsein verleiht dem Menschen eine Fähigkeit zur Analyse und Synthese, die der Maschine unerreichbar ist oder wenigstens im Augenblick noch fehlt.

Erwähnen wir nur kurz, daß in diesem Problemkreis natürlich auch alle idiomatischen und bildhaften Ausdrücke gehören, die in jeder Sprache sehr zahlreich anzutreffen sind. Also z.B. "Gefahr laufen", "es darauf ankommen lassen", "von langer Hand vorbereiten"; oder frz. "se prendre de très haut", "n'être jamais en reste", "avoir beau faire qc?", "hors de saison", usf. Eine wörtliche Ü dieser Redewendungen ist in den meisten Fällen nicht möglich; sie müssen als Ganzes übersetzt werden. Für die aÜ stellen sie aber keine Schwierigkeit dar, da es sich bei ihnen um einmalige Wortverbindungen handelt, deren Bedeutung feststeht. Sie brauchen nur in einem besonderen Wörterbuch zusammengefaßt zu werden.

Abschließend sei noch auf eine Erscheinung hingewiesen, die für die Beschäftigung mit dem Problem der Polysemie nicht ganz unwichtig scheint. Es hat den Anschein, als ob die Faktoren, die die jeweilige Bedeutung eines mehrdeutigen Wortes bestimmen, auch von der W o r t a r t des mehrdeutigen Wortes abhängen. So dürfte die Bedeutung eines Verbums weitgehend durch die Beziehung zwischen seinem Subjekt und Objekt festgelegt sein. Auf diese Erscheinung wurde von R. Michea (1961, S. 14-16) hingewiesen. Für das Verbum gibt Michea die frz. Ü folgender vier deutscher Sätze, die jeweils das Verbum "bekommen" enthalten:

1. Er bekommt Hunger - il commence à avoir faim
2. Er bekommt Lust - il lui prend envie (de faire qc.)
3. Der Wein ist mir gut bekommen - le vin m'a fait du bien
4. Wie ist Ihnen der Wein bekommen - comment vous êtes-vous trouvé d'avoir bu le vin

Gewiß handelt es sich bei den Ü ins Frz. jedesmal um eine idiomatisch einwandfreie Wiedergabe, ein Anspruch, der im Hinblick auf den praktischen Zweck der aÜ nicht erfüllt zu werden braucht. So wären in den vier genannten Beispielen

auch wörtlichere Übersetzungen denkbar, die trotzdem den Sinn bewahren würden. Besonders in den beiden letzten Fällen ließe sich "bekommen" im Französischen zweimal durch ein und dasselbe Verbum wiedergeben, wobei zwar die Ausdrucksweise kaum als typisch frz. anzusprechen wäre, der Sinn aber dennoch verständlich würde. Auf keinen Fall aber ließe sich das dt. Verbum in allen vier Sätzen durch ein und dasselbe frz. Verbum übersetzen. Es handelt sich also tatsächlich um ein mehrdeutiges Verbum, dessen Bedeutung, wie es scheint, jeweils durch die Beziehung zwischen seinem Subjekt und Objekt bedingt ist. Anders verhält es sich dagegen mit dem Substantiv. Hier ergibt sich dessen Bedeutung weniger leicht auf Grund der benachbarten Satzteile oder Wörter. Der frz. Satz: "Cet homme vend des glaces" kann einmal heißen: "Dieser Mann verkauft Eis", andererseits aber auch: "Dieser Mann verkauft Spiegel" (Das Beispiel stammt ebenfalls von Michea).

An Hand dieser beiden Beispiele lassen sich natürlich noch keine allgemeingültigen Rückschlüsse ziehen auf das verschiedene Verhalten mehrdeutiger Verben oder Substantive innerhalb eines Satzes. Es dürfte sich aber immerhin eines sagen lassen, nämlich, daß für die Ü eines mehrdeutigen Verbums in weit größerem Umfang der Mikrokontext ausreichend wird als beim Substantiv. Hier wird viel häufiger auch der größere Zusammenhang für dessen richtige Ü herangezogen werden müssen.

In vielen Sprachen begegnen wir der Erscheinung, daß einzelne Wörter äußerlich verändert, d.h. flektiert werden können. Die Flexion dient einesteils dazu, bedeutungsmäßige Unterschiede zu bezeichnen (hierher gehören die Mehrzahlbildung der Substantive und die Verbalflexion), anderenteils ist sie Teil jener eingangs erwähnten Möglichkeit, die Beziehung zwischen den einzelnen Wörtern innerhalb eines Satzes durch ein äußerlich sichtbares Zeichen auszudrücken. Dieser Unterschied braucht uns aber hier nicht zu interessieren. Wir wollen lediglich die Erscheinung der Flexion als solche in ihrer Bedeutung für die aÜ betrachten.

Die Identifizierung und Ü flektierter Formen bietet für die aÜ zunächst den rein praktischen Vorteil, daß nicht sämtliche Formen eines Wortes im Wörterbuch gespeichert werden müssen, sondern jeweils nur dessen Stamm. Die verschiedenen Endungen werden in einem besonderen Gedächtnis gespeichert. Auch kann man sagen, daß die flektierten Formen für die aÜ kaum ein Problem darstellen.

Einige Schwierigkeiten, die hier auftreten können, sollen jetzt besprochen werden. Ich habe die folgenden Beispiele fast ausnahmslos der frz. Sprache entnommen, weil hier m.E. die Erscheinungen besonders vielfältig sind.

Bereits bei der getrennten Speicherung von Stamm und Endung tritt eine Besonderheit auf. Die Zerlegung einer Wortform in Stamm und Endung kann im Hinblick auf die aÜ nicht immer nach sprachwissenschaftlichen Grundsätzen erfolgen. So wird

beispielsweise ein Substantiv wie frz. "cheval" in einen 'Stamm' chev- und eine 'Endung' -al zerlegt werden müssen, damit derselbe 'Stamm' mit der 'Endung' -aux auch die Ü des Wortes "chevaux" liefern kann.

Manchmal wird man für ein und dasselbe Wort mehrere 'Stämme' speichern müssen. Um alle Formen eines Verbums wie frz. "venir" für einen Rechenautomaten erkennbar zu machen, wird man vier verschiedene 'Stämme' zu speichern haben: 1. vien-; 2. ven-; 3. vin-; 4. viend-.

Ferner können manche Endungen verschiedene Funktionen ausüben. So bezeichnet in der frz. Verbalflexion die Endung -ions bei einer großen Gruppe von Verben entweder die 1. Pers. Pl. des Ind. Imp. oder die 1. Pers. Pl. des Konj. Präs.. Soll die Funktion einer solchen Form (Beispiel: "fermions") eindeutig bestimmt werden, dann genügt die Endung allein nicht; es müssen noch weitere Merkmale gesucht werden. Diese Merkmale liefert aber stets die unmittelbare Umgebung der fraglichen Form. Im vorliegenden Fall genügt es festzustellen - wenigstens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle -, ob eine bestimmte Konjunktion vorausgeht oder nicht, um sagen zu können, ob es sich um den Konj. Präs. oder den Ind. Imp. der 1. Pers. Pl. handelt.

Weniger leicht ist die eindeutige Bestimmung etwa einer Form wie "je saisis", die entweder Präs. oder P. s. sein kann. Hier werden vor allen Dingen benachbarte Verbalformen, u. U. auch gewisse Zeitadverbien Aufschluß geben können, um welche Zeit es sich handelt. Die Identifizierung einer solchen Form dürfte zwar etwas kompliziertere Verfahren erfordern, letztlich aber immer möglich sein. Ein ähnliches Problem stellen auch Formen wie "il vit" dar. Die Form kann sein: 1. Präs. von 'vivre'; 2. P. s. von 'voir'. Der bedeutungsmäßige Unterschied, der hier vorliegt, entfällt, sobald die Zeit, um die es sich handelt, festgestellt ist. Übrigens sind solche Formen äußerst selten. Um ein echtes Problem der Polysemie handelt es sich dagegen bei Formen wie "ils fondent". Diese Form kann zurückzuführen sein entweder auf einen Inf. 'fonder' oder auf ein Inf. 'fondre'. Dasselbe gilt für ein Wort wie "content". Es ist entweder ein Adjektiv oder die 3. Pers. Pl. Präs. von 'conter'. Allerdings gehören solche Formen zu den ganz seltenen Ausnahmen. Sie beweisen darüberhinaus nichts gegen die leichte und sichere Bestimmbarkeit von Flexionssendungen, da es sich bei ihnen um eine echte Mehrdeutigkeit handelt. Wir können aber hinzufügen, daß diese Mehrdeutigkeiten nicht schwerer zu entscheiden sind als die vorher genannten Homonyme, d. h. daß der Mikrokontext die erforderliche Auskunft gibt.

Ein Problem sei hier noch erwähnt, das nicht eigentlich zu den Flexionsformen gehört, aber im weiteren Zusammenhang damit steht. Es ist die Beobachtung, daß einzelne grammatische Erscheinungen in zwei oder mehreren Sprachen nicht völ-

lig miteinander zur Deckung gebracht werden können. So ist beispielsweise das Personalpronomen in der 3. Person der Mehrzahl im Dt. und Engl. nicht nach dem Geschlecht differenziert. Im Frz. dagegen wird das Geschlecht unterschieden. Um also etwa dt. "sie" (3. Pers.Pl.) ins Frz. zu übersetzen, muß zuerst festgestellt werden, auf welches Substantiv, bzw. auf welche Substantive sich das Pronomen bezieht und dann dementsprechend "ils" oder "elles" gewählt werden. Ähnliche Unterschiede begegnen beim Possessivpronomen und zwar zwischen Dt., Engl. und Frz. (ein Beispiel dafür gibt Delavenay, 1959, S. 62) oder ebenfalls beim Personalpronomen zwischen Dt., Engl., Frz. einerseits und Span. andererseits. Im Span. wird nämlich das Personalpronomen der 1. und 2. Pers.Pl. ebenfalls nach dem Geschlecht differenziert.

Ein besonderes Problem für die aÜ bildet der Satzbau, das ist die Beziehung der einzelnen Wörter untereinander, die sich, wie wir eingangs sagten, einesteils in den E n d u n g e n und F u n k t i o n s w ö r t e r n andernteils in der Wortstellung ausdrückt. Das Problem, das die Untersuchung und Übertragung des Satzbaus für die aÜ darstellt, ist noch viel zu wenig geklärt, als daß sich ein abgerundetes Bild gewinnen ließe. Ich muß mich daher darauf beschränken, das Problem nur in seiner allgemeinsten Form zu umschreiben, will aber versuchen einige Hinweise zu geben, auf die Art und Weise, wie möglicherweise an das Problem herangegangen werden kann.

Zunächst müssen innerhalb einer Sprache alle möglichen Satzstrukturen, die einen besonderen Sinn einschließen, genau erfaßt und beschrieben werden. Anschließend müssen entsprechende Satzstrukturen zweier Sprachen miteinander verglichen werden, damit auf Grund ihrer Übereinstimmung oder Verschiedenheit ein Übersetzungsprogramm aufgestellt werden kann.

Ausgangspunkt für eine systematische Beschreibung von Satzstrukturen ist wohl am besten das finite Verbum - für eine bestimmte Gruppe von Sprache. Das finite Verbum als Ausgangspunkt zu wählen, hat den Vorteil - im Hinblick auf die aÜ -, daß es rein formal gesehen eindeutig bestimmbar ist. Das finite Verbum hat aber auch den Vorzug, daß es gleichsam den Kern jeder sprachlichen Aussage bildet, um den herum sich die anderen Teile der Aussage gruppieren, zu dem sie in irgendeiner Beziehung stehen. Von hier aus können nun die weiteren Teile der sprachlichen Aussage, teils auf Grund äußerer Merkmale, teils auf Grund ihrer Stellung in Bezug auf das finite Verb, ebenfalls bestimmt werden.

Es wäre denkbar als Arbeitsgrundlage oder als Materialquelle für die Beschreibung von Satzstrukturen eine wissenschaftliche Grammatik zu benützen. Dieses Verfahren wäre insofern günstig, als man hier schon ein nicht unbeträchtliches Material zusammengetragen und sogar geordnet vorfände. Freilich darf die vorhandene An-

ordnung nicht dazu verleiten, sie als eine unverrückbare anzusehen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß gerade im Hinblick auf die aÜ eine andere Gruppierung besser sein wird. Auch wird das in einer Grammatik zu findende Material keineswegs vollständig sein.

An Hand dieser skizzenhaften Darstellung dürfte klar geworden sind, wie eine sprachliche Aussage formal zu bestimmen ist, damit sie durch einen Rechenautomaten übersetzt werden kann. Der Umfang einer solchen formalen Beschreibung sprachlicher Aussagen reicht aber für eine praktische Verwirklichung der aÜ nicht aus. Dazu sind noch beträchtliche Vorarbeiten erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Ü von Satzstrukturen. Daß sich auch Satzstrukturen genau erfassen und beschreiben lassen, kann kaum bezweifelt werden. Gewisse Schwierigkeiten mögen sich hierbei aus dem jeder Sprache innewohnenden Freiheitsgrad ergeben, d.h. aus dem Spielraum, den sie einer individuellen und unberechenbaren Anwendung läßt. Das Hauptproblem bleibt aber die Ü mehrdeutiger Wörter. Von der Lösung dieses Problems wird es abhängen, ob aÜ möglich ist oder nicht.

(Dieser Beitrag lag als Manuskript dem Vortrag des Verfassers im Seminar "Sprache und Wissenschaft" der Technischen Hochschule Karlsruhe am 16.2.1962 zugrunde).

Schrifttumsverzeichnis

DELAVENAY, E.: La machine a traduire (Coll. "Que sais-je" Nr. 834) Presses Universitaires de France, Paris, 1959. - MALBLANC, A.: Stylistique comparée du français et de l'allemand. Essai de représentation linguistique comparée et Etude de traduction. (Bibliothèque de stylistique comparée II) Didier, Paris 1961. - MICHEA, R.: Notes et réflexions sur le problème des polysémies dans la traduction automatique. in: La Trad. Autom. II/1961, S. 14-16. - VINAY, J.-P. und DARBELNET, J.: Stylistique comparée du français et de l'anglais. Méthode de traduction. (Bibliothèque de stylistique comparée I) Didier, Paris 1958. - ZEITSCHRIFTEN: MT (Mechanical Translation, etc. Mass. Inst. Techn., seit 1954). - La Traduction Automatique etc. (Paris, seit 1960.-) (Vgl. auch das mit Inhaltshinweisen versehene Schrifttumsverzeichnis zum Beitrag des Verfassers im Sammelband "Sprache und Schrift im Zeitalter der Kybernetik", Verlag Schnelle, Quickborn, 1962, sowie die umfassende Zusammenstellung der Literatur zur aÜ in Delavenay, E. und K.: Bibliographie de la traduction automatique/Bibliography of mechanical translation. Mouton & Co. 'S-Gravenhage 1960). Sammelband: Locke, W. und Booth, D. (Hrsg.): Machine Translation of Languages. Wiley, New York, 1955.

Eingegangen am 17. Februar 1962

BEMERKUNGEN ZUR WEITERENTWICKLUNG DER ALLGEMEINEN REGELKREIS-LEHRE

von Hermann Schmidt, Berlin.

Wir wollen noch einmal auf unseren Ansatz zu einer Allgemeinen Regelkreislehre zurückkommen und an seinen universalgeschichtlichen Inhalt erinnern, der die Änderung der menschlichen Grundrelation zur Natur betrifft. Auch für das Verständnis der Kybernetik wird ihre Einordnung in die Universalgeschichte des sich mit der ihn umgebenden Natur auseinandersetzenden Menschen nicht nur förderlich, sondern unentbehrlich sein.

Wir sahen in der Regelung nicht allein deshalb ein biologisches Grundproblem, weil der technische Regelkreis im Bereich des Organischen sein von der Natur vielfach verwirklichtes Analogon findet, nicht allein deshalb, weil die Relationsstruktur, die Form des Wirkungszusammenhangs des technischen Regelkreises mit der der physiologischen Regelkreise übereinstimmt. Die Regelung wurde darüberhinaus von vornherein auch deshalb und zwar besonders deshalb nicht nur ein physiologisches sondern ein biologisches Grundproblem, weil der technische Regelkreis als menschliches Produkt im Organischen seinen Ursprung hat, weil der Mensch in einem von vorgeschichtlichen Zeit an laufenden Prozeß der Objektivation des psychophysischen Handlungskreises in unseren Tagen der physischen Natur die Form des kreisrelationalen Wirkungs- oder Vollzugszusammenhangs dieses Handlungskreises aufprägt.

Dadurch macht er es möglich, das Produkt dieses Objektivationsprozesses, den technischen Regelkreis, mit seinem Ursprung, dem Handlungskreis, in Analogie zu setzen, d.h. die beiden verschiedenen Seinsbereichen angehörenden, also durch ontischen Schranken getrennten Analoga durch die Identität des kreisrelationalen Zusammenhangs ihrer Elemente im Denken miteinander zu verknüpfen.

"Dieser Prozeß (der Objektivation) weist drei Stufen auf. Auf der ersten Stufe, der des W e r k z e u g e s, werden die zur Arbeit notwendige physische Kraft und der erforderliche geistige Aufwand noch vom Subjket geleistet. Auf der zweiten Stufe, der A r b e i t s- und K r a f t m a s c h i n e, wird die physische Kraft objektiviert. Schließlich wird auf der dritten Stufe, der des A u t o m a t e n, auch der geistige Aufwand des Subjekts durch technische Mittel entbehrlich gemacht. Mit jeder dieser drei Stufen schreitet die Objektivation der Zweckerfüllung mit technischen Mitteln fort, bis der Zweck, den wir uns gesetzt haben, durch den Automaten allein ohne unser körperliches und geistiges Zutun erreicht wird. Die Technik erreicht in der Automatisierung ihre methodische Vollendung, und dieser Abschluß

des in der Vorzeit beginnenden Entwicklungsprozesses der technischen Objektivation der Arbeit in der Gegenwart ist ein entscheidendes Merkmal unseres Zeitalters." (Schmidt, 1954, S. 119 und Schmidt, 1959).

Das Ergebnis dieses von der Gattung getragenen morphogenetischen Prozesses nach der Seite des Objektes hin ist die Automatisierung des praktischen Tuns des Menschen als des Bedienens von Maschinen oder des Herstellens beliebiger Produkte; es besteht in künstlichen Systemen physischer Elemente, die in einem kreisrelationalen Wirkungszusammenhang stehen. Die Objektivation des Handlungskreises liegt der tätigen Auseinandersetzung von Mensch und Natur zu Grunde; sie ist dasjenige, worauf es für den Menschen als Repräsentanten der Gattung in all seinem technischen Tun wegen der in ihr vollzogenen Änderung der menschlichen Grundrelation zur Natur in der Gegenwart entscheidend ankommt. Von jeher hat der Mensch die Natur als physisches Faktum dadurch in seine Existenz einbezogen, daß er seinen Handlungskreis über sie schloß; er tut dies auch heute und in Zukunft. Aber durch die Objektivation seines Handlungskreises zieht er jetzt über sein ursprüngliches Tun hinaus die Natur in der Form der Kreisrelation, der Grundform des Lebens, als physisches Faktum in seine Existenz hinein.

Seine Grundrelation zur Natur vollzieht der Mensch nun aber nicht nur, indem er sie in seinem Handlungskreis umformt, sondern auch indem er über sie spricht und denkt. Er tut dies in seinem Sprach-Denk-Kreis, der ihn wie der Handlungskreis mit der Natur verknüpft und selbst mit diesem zusammen wirksam ist.

Die Humboldt'sche Theorie der Sprache beruht auf dem Gedanken des kreisrelationalen Zusammenhangs von Wort und Begriff, von Sprechen und Denken. Humboldt schreibt: "Indem in der Sprache das geistige Streben sich Bahn über die Lippen bricht, kehrt das Erzeugnis derselben zum eigenen Ohr zurück. Die Vorstellung wird also in wirkliche Objektivität hinüberversetzt, ohne darum der Subjektivität entzogen zu werden. Dies vermag nur die Sprache, und ohne diese, wo Sprache mitwirkt auch stillschweigend immer vorhergehende Versetzung in zum Subjekt zurückkehrende Objektivität, ist die Bildung des Begriffes, mithin alles wahre Denken unmöglich." (W. v. Humboldt, Einleitung zum Kawi-Werk).

Wir lernen daraus folgendes. Erstens ist die Kreisrelation die durchgehende Form aller Aussagen und zweitens erfährt alles Gedachte seine begriffliche Bestimmung als Inhalt einer Aussage im Vollzug der Kreisrelation des Sprach-Denk-Kreises. Im Sprach-Denk-Kreis ist das Denken an den Denker gebunden. Außerhalb der Kreisrelation oder bei ihrer Unterbrechung ist also kein Sprechen und Denken über die Natur, ja überhaupt kein Denken und Sprechen möglich.

Wie im Handlungskreis so setzt sich der Mensch also auch im Sprach-Denk-Kreis mit der Natur "geistig" arbeitend auseinander. Auch durch den Sprach-Denk-Kreis zieht er die Natur in seine Existenz hinein und zwar als Wort und Begriff, als Symbol und als Erkenntnis.

Bei der lebendigen Verknüpfung des Tuns der Hand mit dem sprechend-denkenden Tun des Menschen liegt es nahe, zu fragen, ob nicht auch die sprechend-denkende Auseinandersetzung des Menschen mit der Welt zur Objektivation des Sprach-Denk-Kreises im Physischen und im Denken des Physischen, im Physischen und in seiner Erkenntnis führt wie seine tätige Auseinandersetzung mit der Natur zur Objektivation des Handlungskreises im Physischen geführt hat. Hierzu wäre es notwendig, daß der Mensch in der Technik der Symbole die Symbole in kreisrelationalen Wirkungszusammenhang bringt. Dies tut er heute; man denke an die Rückkopplungskreise der Analog- und Digitalrechner und aller Geräte, in denen sich geistige Arbeit im Physischen objektiviert.

Der Mensch müßte dann aber ferner fordern, daß die Kreisrelation sich im Fortgang der Naturerkenntnis auch als die Grundform des Naturgesetzes erweist. Die Kreisrelation ist die Organisationsform, die wir der Natur technisierend aufprägen. Sie ist auch die Form, in der sich bloße Naturerfahrung zur Naturerkenntnis ordnet. Sie ist die Sollform für unsere technisierende und erkennende, handelnde und denkende Auseinandersetzung mit der Natur und nur die Identität dieser Form im erkennenden und technisch-praktischen Bereich, die Übereinstimmung unseres Tuns und Denkens der Form nach vermag dieEthik des Begriffes zu begründen, in dem der Mensch sich selbst begreift.

Naturerkenntnis ist Erkenntnis a posteriori und Erkenntnis a priori; als reine Erkenntnis des Gesetzes ist sie Erkenntnis a priori und als solche allein durch den Entwurf der Vernunft bestimmt. Wir nehmen die Kreisrelation, welche die durchgehende Form aller Aussage ist, als deren Inhalt das Gedachte allein seine begriffliche Bestimmung erfahren kann, als die Urform des Denkens, in der das Denken der Form seiner Verknüpfung mit dem Denker zu sich selbst kommt. Die Grundform des Naturgesetzes, zu der reine Erkenntnis durchdringt, muß mit ihr übereinstimmen, wenn der in dem Begriff der Fremderkenntnis liegende Widerspruch behoben und Fremderkenntnis in ihrem Fortschritt zur Selbsterkenntnis werden soll.

Es ist hier gewiß nicht der Ort, diese Forderung imperativischen Denkens näher zu begründen, die wir technisierend ebenso wie erkennend an die Natur richten: als technisches Objekt soll sie ebenso wie als Gegenstand der Erkenntnis die Form der

Kreisrelation annehmen und in dieser Form in den Vollzug unserer Existenz eingehen.

Wir wollen aber kurz erläutern, was es heißen soll,[1] die Kreisrelation im Fortgang der Erkenntnis zur Form des Naturgesetzes zu machen.

Das zunächst vielleicht Befremdende in unserer Absicht wird sich mildern, wenn wir bedenken, daß die Differentialgleichungen der klassischen Physik als Beschreibung eines Rückkopplungsvorgangs gedeutet werden können, der ja in den Analogierechnern zur künstlichen Lösung von Differentialgleichungen dient. Die Differentialgleichung kann als kreisrelationaler Zusammenhang (Rückkopplungskreis) des Wertes der durch sie definierten Funktion mit ihren Ableitungen an der Stelle des Funktionswertes aufgefaßt werden.

Über die wichtige Möglichkeit der Deutung einer Differentialgleichung als Beschreibung eines Rückkopplungsvorganges hinaus ist es beachtlich, daß z.B. die so folgenreichen Differentialgleichungen des elektromagnetischen Feldes von Maxwell als die Gleichungen eines Rückkopplungskreises gelesen werden können. In diesem Zusammenhang ist es interessant, sich daran zu erinnern, daß Maxwell auch der erste Theoretiker des technischen Regelkreises war.

Diese kurzen Hinweise zeigen schon, daß der Gedanke der Kreisrelation der Differentialgleichungsform der Naturgesetze der klassischen Physik nicht fremd ist. Es ist wohl eine lohnende Aufgabe, die Rolle der Subjekt und Objekt verknüpfenden Kreisrelation im Gang der Entwicklung der physikalischen Erkenntnis darzustellen.

Die in einer Differentialgleichung der Physik etwa auftretenden beiden Veränderlichen des Raumes y und der Zeit x stehen aber in der Funktion y(x) n i c h t in kreisrelationalen Zusammenhang. Der kreisrelationale Zusammenhang kommt in dem der klassischen Physik dienenden Funktionsbegriff nicht zum Ausdruck. Die Funktion y(x) drückt vielmehr im Gegensatz zur Kreisrelation eine lineare oder polare Relation zweier Größen y und x aus, deren eine nur als Grundglied und deren andere nur als Gegenglied in die Relation eingeht; freilich kann man von y(x) zu der in ihr mitgedachten inversen Relation x(y) übergehen, wodurch sich die Rollen der Glieder, der Veränderlichen vertauschen. Damit haben wir zwar zwei nebeneinander bestehende verschiedene Relationen, nicht aber eine einzige, in der jedes der Glieder zugleich Grund- und Gegenglied ist.

Einen solchen kreisrelationalen Zusammenhang zweier Größen y und x wollen wir jetzt herstellen. (Schmidt, 1958) Wir ergänzen die Funktion y(x) mit dem Diffe-

1) eine ausführliche Darstellung folgt.

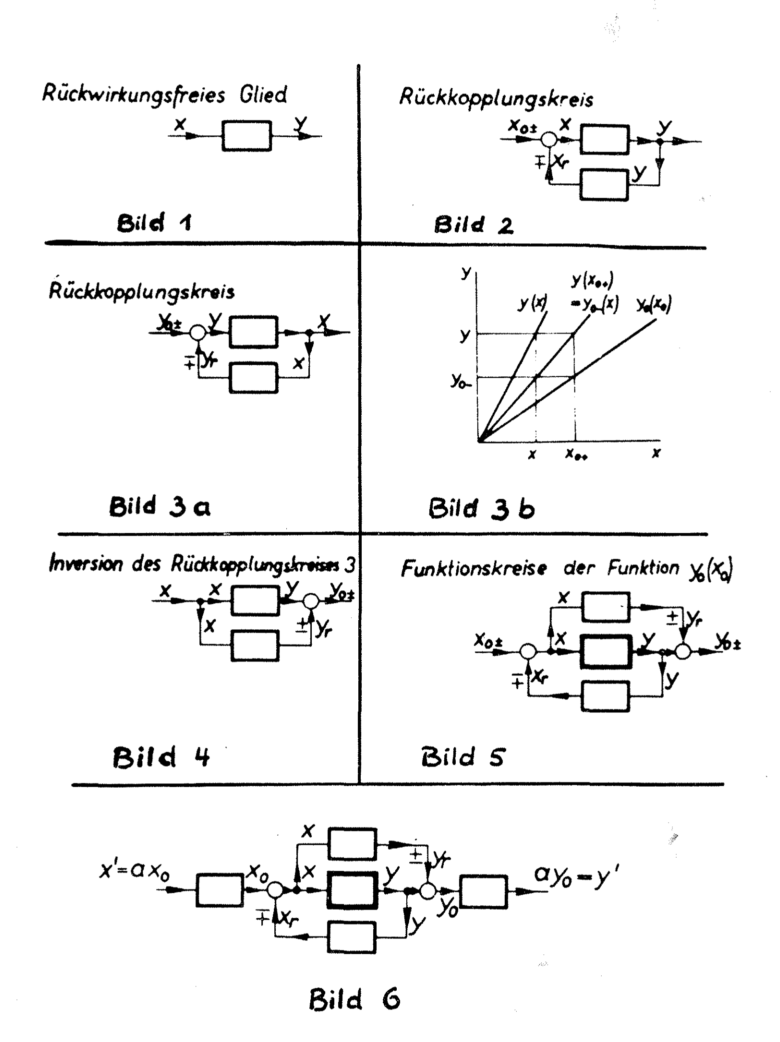


Bild 1

Bild 2

Bild 3 a

Bild 3 b

Bild 4

Bild 5

Bild 6

rentialquotienten $\frac{dy}{dx}$, durch den wir ein besonderes Übertragungssystem mit der Ausgangsgröße y und der Eingangsgröße x gekennzeichnet denken können (vgl. Bild 1), zum Funktionskreis

$$y(x_{o\pm})$$

für die über y auf sich rückbezogenen Veränderliche

$$x_{o\pm} = x \pm x_r(y)$$

Der Differentialquotient dieses Funktionskreises

$$\frac{dy}{dx_{o\pm}} = \frac{dy}{dx} \frac{1}{1 \pm \frac{dx_r}{dy} \frac{dy}{dx}}$$

kennzeichnet, wie der ihm entsprechende Frequenzgang des Übertragungsverhältnisses das rückgekoppelte System nach Bild 2.

Wir ergänzen ferner auch die inverse Funktion x(y) zu einem Funktionskreis

$$x(y_{o\pm})$$

für die über x auf sich zurückbezogene Veränderliche

$$y_{o\pm} = y \pm y_r(x)$$

Der Differentialquotient dieses Funktionskreises

$$\frac{dx}{dy_{o\pm}} = \frac{dx}{dy} \frac{1}{1 \pm \frac{dy_r}{dx} \frac{dx}{dy}}$$

kennzeichnet das rückgekoppelte System nach Bild 3 mit seiner Inversion nach Bild 4 $x_r(y)$ und $y_r(x)$ sind die zu den beiden Funktionskreisen gehörenden rückführenden linearen Funktionen,

$$y_{o\pm}, \; x_{o\pm}$$

sind die neuen, rückbezogenden Veränderlichen einer Funktion $y_o(x_o)$ bzw. $x_o(y_o)$ (vergl. Bild 5 a) deren Differentiation im ersten Fall

$$\frac{dy_{o\pm}}{dx_{o\pm}} = \frac{\frac{dy}{dx} \pm \frac{dy_r}{dx}}{1 \pm \frac{dx_r}{dy} \frac{dy}{dx}}$$

ergibt. $\frac{dy_{oI\pm}}{dx_{oI\pm}}$ geht für konstante Rückbeziehungsgrössen x_r und y_r in $\frac{dy}{dx}$ über.

(Bei geöffneten Funktionskreisen sind y und x aber voneinander unabhängig; y_o und x_o sind dann Funktionen dieser beiden unabhängigen Veränderlichen:

$$y_o = (x, y) \qquad x_o = (x, y)).$$

Die Willkür bei der Bildung der Funktionskreise für die beiden rückbezogenen Veränderlichen ist dadurch eingeschränkt, daß

$$\frac{dy}{dx_{o\pm}} = \frac{dy}{K\,dx} = \frac{dy_{o\mp}}{dx} \qquad (\mathrm{I})$$

oder

$$\pm \frac{dy_r}{dy} \mp \frac{dx_r}{dx} + \frac{dx_r\,dy_r}{dx\,dy} = 0 \qquad (\mathrm{Ia})$$

ist.

Die den drei Differentialquotienten der ursprünglichenFunktion y(x) und der beiden rückbeziehenden Funktionen $y_r(x)$ und $x_r(y)$, nämlich den Grössen

$$\frac{dy}{dx}, \frac{dy_r}{dx_r}, \frac{dx_r}{dy}$$

vorzuschreibenden Werte müssen also der Bedingung I, Ia genügend, vergl. Bild 5b. Eine Bedingung, die man dem Zusammenhang der genannten Differentialquotienten aus physikalischen oder mathematischen Gründen im übrigen auferlegt, muß mit der Bedingung I, Ia verträglich sein.

Erläutern wir dies an einem Beispiel. Es seien y und x die Raum- und Zeitkoordinaten in einem Inertialsystem K und die rückbezogenen Veränderlichen y_o, x_o die entsprechenden Koordinaten in einem zweiten, mit der Relativgeschwindigkeit v gegen K bewegten Inertialsystem K'. Im übrigen seien alle bei der Ableitung des eindimensionalen Lorentz-Transformation zu machenden mathematischen und physikalischen Voraussetzungen gegeben.

Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit c findet ihren Ausdruck darin, daß für

$$\frac{dy}{dx} = c$$

auch

$$\frac{dy_o}{dx_o} = c \qquad (\mathrm{II})$$

ist.

Hieraus folgt, wenn wir

$$\frac{dy_r}{dx} = v$$

setzen,

$$\frac{dx_r}{dy} = \frac{v}{c^2}$$

Die der Bedingung II genügenden Werte der oben genannten drei Differentialquotienten, nämlich

$$c, \; v, \; \frac{v}{c^2}$$

müßten auch die Bedingung I, Ia erfüllen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die gleichzeitige Gültigkeit der Bedingungen I und II führt zu v = O und damit zum Fortfall der Ableitungen der beiden rückbeziehenden Funktionen. Man kann die beiden Bedingungen aber leicht zugleich erfüllen, indem man die rückbezogenen Veränderlichen y_o und x_o mit dem konstanten Faktor a multipliziert, der sich aus I mit den Werten der Konstanten $c, \; v, \; \frac{v}{c^2}$ der Funktionskreise

zu $$a = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ergibt. Diese Multiplikation läßt die Bedingung II unverändert.

Der Übergang von y, x

zu $$y' = a y_{o\pm} = \frac{y \pm vx}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$ und $$x' = a x_{o\pm} = \frac{x \pm \frac{v^2}{c^2} y}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

und von $\frac{dy}{dx}$ zu $$\frac{dy_{o\pm}}{dx_{o\pm}} = \frac{\frac{dy}{dx} \pm v}{1 \pm \frac{v}{c^2}\frac{dy}{dx}}$$

stimmt also mit der Lorentz-Transformation von y und x überein, gegen die die allgemeinen Naturgesetze kovariant sein müssen.

Die Beziehung

$$y^2 - c^2 x^2 = y'^2 - c^2 x'^2$$

ist mit y und x und den ihnen in ihren Funktionskreisen zugeordneten rückbezogenen Veränderlichen y', x', deren Konstanten a, $\frac{dx_r}{dy}$ und $\frac{dy_r}{dx}$ für $\frac{dy}{dx}$ = c den Bedingungen I und II genügen, erfüllt, vgl. Bild 6.

Wir wollen uns hier mit diesen Bemerkungen begnügen und abschliessend folgendes sagen. In logischer Sicht wäre zu prüfen, ob das bei dem Denken eines funktionalen Zusammenhanges und seiner Differentiation Gedachte durch die Einführnug der wechselseitigen rückbezogenen Veränderlichen vollständiger zum Ausdruck kommt, als ohne die Berücksichtigung der Rückbeziehung.

Es wäre über diese logische Untersuchung des Funktionsbegriffes hinaus weiter zu fragen, ob der Einführung der wechselseitig rückbezogenen Veränderlichen ein Wert für die Physik zukommt, oder ob der kreisrelationale Zusammenhang der Veränderlichen etwa in anderer Form zum Ausdruck zu bringen ist. Sollte die logische Untersuchung zeigen können, daß die Funktion der rückbezogenen Veränderlichen der vollständigere Ausdruck des beim funktionalen Zusammenhang Gedachten ist, so wäre zu erwarten, daß diese vollständigere Darstellung des Gedachten auch eine vollständigere Erkenntnis des mit der ursprünglichen Funktion beschriebenen physikalischen Sachverhaltes darstellt.

Blicken wir noch einmal zurück. Der universalgeschichtliche Inhalt unseres Ansatzes einer allgemeinen Regelkreislehre enthält also den Gedanken, daß sich die Grundrelation des Menschen zur Natur durch die Objektivation der den Menschen mit der Natur verbindenden psychophysischen Kreise, nämlich des Handlungskreises und des Sprach-Denkkreises in unserer Zeit wesentlich verändert. Mit diesen Objektivationsakten zieht der Mensch die Natur als Faktum, als Symbol und als Erkenntnis so wie schon immer, nun aber in der Form der Kreisrelation in den Vollzug seiner Existenz hinein; er macht die Kreisrelation, die Grundform seines somatischen und pragmatischen Lebens zur gemeinsamen Sollform der Natur in seiner tätigen, sprechenden und denkenden Auseinandersetzung mit ihr und stellt damit in ihr auf dem Wege vom Subjekt zu der zu ihm zurückkehrenden Objektivität eine Invariante her - nämlich die Kreisrelation, in der sich als der Aussen und Innen verknüpfenden Form der Unterschied zwischen Aussen und Innen aufhebt.

Die drei weiteren Grundrelationen des Menschen, die wir nach den Arten von Goethes menschlicher Ehrfurcht unterscheiden: die Relation des Menschen zu seinen Mitmenschen, zu sich selbst und zu Gott, sind in die Änderung der Grundrelation des Menschen zur Natur eng verschlungen. Nimmt man alle vier Grundrelationen zusammen, so stellt sich in der Frage nach ihrer Änderung in Verbindung mit der tiefgehenden Änderung der menschlichen Grundrelation zur Natur die nach dem bewußten Existenzvollzug, nach der bewußten Fortsetzung der menschlichen Individuation, mit

deren Beantwortung der Mensch in einen neuen Abschnitt seiner Universalgeschichte eintritt. Die Gesamtheit der Probleme, die der Mensch hat, wird sich künftig in dem Problem, das er ist, im Vollzuge seiner Existenz mehr und mehr zur Einheit zusammenfinden.

Schrifttumsverzeichnis

SCHMIDT, H.: Die Entwicklung der Technik als Phase der Wandlung des Menschen. Z. VDI 96 (1954), S. 118-122; Einbeziehung des Rückkopplungsprinzips in den Funktionsbegriff. VDI-Nachrichten Nr. 15, 19. 7. 1958, S. 7; Über das Woher und Wohin der wachsenden Produktion. In: Wachsende Produktion, woher? wohin? Vorträge der Bundestagung des BDW Berlin 1959, S. 25-56.

Eingegangen am 9.12.1961

NOTE SUR L'ARCHITECTURE INFORMATIONELLE DE L'OEUVRE D'ART

par André Abraham M o l e s, Paris.

Dans nos ouvrages précédents (Moles, 1956, 1958 a, b), nous avons montré que le message du monde extérieur à l'individu, dont l'oeuvre d'art constitue un cas particulier, est composée d'une multiplicité finie de messages superposés, dont les répertoires R_1, R_2, R_n et les codes C_1, C_2, C_n constituent une hiérachie de niveaux définissables par l'observateur. Ces répertoires de signes sont superposés, en ce sens qu'à chaque étage de signes des sousroutines d'assemblages stéréotypées y constituent des "supersignes" valables comme signes simples au niveau du répertoire immédiatement supérieur. Ainsi chaque assemblage stéréotypé par l'influence de certaines règles de code édifie des éléments appréciés comme simples, par des mécanismes de l'intégration perceptive et ce processus se renouvelle aux niveaux successifs.

L'ensemble de ces répertoires est, par définition, connu du "percepteur"; c'est la communauté de répertoires de signes entre l'esprit de l'émetteur, (quand il s'agit d'un homme ou d'un microgroupe créateur), et l'esprit de récepter qui conditionne l'appréhension du message. C'est la connaissance plus ou moins grande des règles d'assemblage à chaque niveau dont l'ensemble constitue des codes successifs qui détermine, non plus seulement l'appréhension, mais la c o m p r é h e n s i o n du message au moins au niveau considéré.

Nous savons par ailleurs, que cette compréhension n'est possible au niveau considéré que si l'excès relatif du nombre de signes par rapport au nombre qui serait strictement nécessaire, s'ils étaient utilisés de façon "optimum", c'est à dire équiprobables, excès mesuré par la redondance du message, est lui-même suffisant, c'est à dire si l'originalité est diluée, empaquetée, dans un nombre suffisant de signes isolables par rapport au délai d'appréhension.

Ce délai est lui-même déterminé par le mode physique d'aperception du message (exploration, lecture, globalité, etc.) En d'autre termes, admettant que l'esprit humain ne puisse absorber plus d'environ 16 à 20 bits d'originalité par seconde (Frank, 1959, 1960), il faut qu'au niveau où se situe notre attention, le message possède une redondance telle que le débit d'originalité qu'il propose soit de cet ordre pour qu'il soit parfaitement appréhendé et compris. Si cette redondance est très inférieure, l'information, l'originalité, est alors trop grande, l'esprit du récepteur "renonce", pour éventuellement se reporter à des niveaux plus accessibles. Si au contraire, cette redondance est très supérieure (Information trop faible), l'esprit humain se désintéresse d'un message trop b a n a l, pour éventuellement se reporter à un autre niveau plus "intéressant".

Les but ontologique poursuivi par l'oeuvre d'art est précisément d'apporter au récepteur toujours "un peu trop" d'information, un peu trop d'originalité, c'est ce qu'on appelle la richesse perceptive de l'oeuvre d'art, mais ce "trop" doit être en quantité modérée. En d'autres termes, supposons un message simplifié élémentaire se déroulant sur un niveau unique, ayant un seul répertoire d'éléments, un seul niveau hiérarchique. La notion de valeur artistique du message est liée à l'écart entre la capacité d'appréhension d'originalité fournie par l'émetteur, c'est à dire par l'oeuvre (le message artistique) selon une courbe décroissant de part et d'autre d'un optimum H'_1 caractéristique du récepteur, alors que H_1 est caractéristique du message.

$$\text{Valeur} = f(H'_1 - H_1)$$

Reprenons alors un message réel tel que nous le propose l'oeuvre d'art, caractérisé par une multiplicité de signes superposés en une hiérarchie.

Nous savons, comme nous l'avons fait remarquer par ailleurs que:

les valeurs de redondance:	$r_1 \; r_2 \; r_3 \; \ldots \; r_n$
ou de quantités d'information:	$H_1 \; H_2 \; H_3 \ldots H_n$
relatives aux répertoires:	$R_1 \; R_2 \; R_3 \; \ldots \; R_n$

constituent une véritable description métrique du message, comme le plan coté d'un architecte pour une maison.

Nous savons aussi que la série de valeurs d'appréhension caractéristiques:
$A_1, A_2, A_3, \ldots A_n$ relatives aux mêmes niveaux du répertoire $R_1, R_2, R_3, \ldots R_n$ mais cette fois dans l'esprit du récepteur, représente les structures respectives de celui-ci. Nous voyons alors qu'il s'agit d'établir une correspondance, un ajustement des $A_1, A_2, A_3 \ldots A_n$ avec les $H_1, H_2, H_3, \ldots H_n$ pour avoir la certitude qu'il y aura appréhension a tous les niveaux successifs que comporte l'oeuvre, précisément dans la mesure où chacun de ceux-ci s'adresse à une structure intégrative particulière de la mentalité (GREY WALTER) du récepteur. La quantité d'originalité doit toujours surpasser la capacité du récepteur à chaque niveau mais ceci d'une quantité H très critique et qui est liée directement au sentiment de valeur artistique globale.

En d'autres termes, figurons la hiérarchie des répertoires:

$$R_1, R_2, R_3, \ldots R_n$$

avec leurs codes d'assemblage: $C_1, C_2, C_3, \ldots C_n$ d'une part

et celles de niveaux d'appréhension $R'_1, R'_2, R'_3, \ldots R'_n$ correspondent

avec leur codes d'associations normales $C'_1, C'_2, C'_3, \ldots C'_n$.

Le déséquilibre relatif à chaque niveau établi pour chacun de ces niveaux, une cer-certaine contribution à la valeur: $V_1, V_2, V_3, \ldots V_n$ etc.

qu'il est légitime d'appeler artistique ou perceptible, fonction pondérée des différences: $H_1 - H'_1$, $H_2 - H'_2$ etc.

Nous admettrons en première approximation que ces valeurs partielles sont additives:

$$V = V_1 + V_2 + V_n \ldots$$

De ceci peut résulter une compensation des niveaux d'appréhensibilité qui est une des règles fondamentales de l'oeuvre d'art. Il est connu par exemple, que celui qui examine un tableau artistique dissocie presque spontanément ces différents niveaux; tout particulièrement quand le tableau n'est pas parfaitement satisfaisant à tel ou tel de ses niveaux, il infléchit spontanément son attention vers un autre niveau où il trouve une satisfaction particulière. Il est possible, sur le plan expérimental, de faire émerger ces niveaux par des techniques telles que l'occultation par des grilles à mailles de différentes grosseurs.

Sur le plan sonore ou linguistique, la recherche de ces niveaux se fait par coupures périodiques à des rythmes définis.

Il y a donc plusieurs façons d'appréhender le message, de lui attribuer une valeur et ces façons se compensent les unes les autres. On peut légitimement penser que ce qu'il est convenu d'appeler les chefs-d'oeuvre, correspond à une adaptation convenable à tous les niveaux successifs de la hiérarchie des surplus d'Information apportant simultanément la richesse de renouvellement et la plénitude qui les caractérise.

Enfin il convient de se souvenir que cette analyse, pour être valable, est toujours relevante à chaque dimension des messages où en l'occurence de l'oeuvre d'art, et particulièrement la dichotomie fondamentale des dimensions: sémantique (universelle) et esthétique (sensible), et qu'elle doit être poursuivie dans ses deux dimensions pour chacune des hiérarchies qui peuvent s'y présenter:

$$V_{s_1} + V_{s_2} + \ldots\ldots\ldots V_{s_n} = V_s$$

$$V_{e_1} + V_{e_2} + \ldots\ldots V_{e_n} = V_e$$

Toutes ces grandeurs sont additionnables soit par dimensions, pour donner lieu à l'idée d'une valeur globale ou sémantique ou esthétique de l'oeuvre (Moles, 1956 b; 1960) d'autre part elles sont additionnables par niveaux pour donner lieu à une valeur hiérarchique de niveaux respectifs.

Ce qui est intéressant, c'est qu'il peut y avoir des compensations sémantiques ou esthétiques des surplus d'originalité et ceci est à la base de quelques règles fondamentales de la composition qui paraît être à partir de cette description architecturale de l'oeuvre artistique un jeu de compensation entre les diverses hiérarchies d'originalité pour permettre au récepteur d'avoir toujours un minimum d'accès au message qui lui est proposé. Les exemples de cette façon de faire sont extrèmement fréquents dans la musique et dans le cinéma qui sont probablement parmi les arts qui ont poussé le plus loin la théorie de "composition". Rappelons incidemment la dialectique des timbres et des durées; celle des perceptions polaires et linéaires de WELLEK, le jeu entre mélodie et harmonie, etc. toutes les structures du message sonore qui sont régies pour une compensation dialectique entre deux catégories de messages, correspondant à deux espèces de répertoires différents.

Bibliographie

FRANK, H: Grundlagenprobleme der Informationsästhetik etc., Hess, Waiblingen, 1959; Über eine informationspsychologische Maßbestimmung der semantischen und pragmatischen Information. GrKG 1,2, 1960. - MOLES, A.A.: Informationstheorie der Musik. N.T.F. 1956 a Braunschweig, p. 47; Les méthodes de l'Esthétique Expérimentales. Revue d'Esthétique n° 4, 1956 b, p. 193; Informationstheorie in Sprache und Musik. augenblick 2, Stuttgart, 1958 a; Théorie de l'Information et Perception Esthétique. Flammarion, Paris 1958 b; Musiques expérimentales. Zürich, 1960.

Zusammenfassung

Ausgehend von der schon in anderen Arbeiten von Moles und Frank hervorgehobenen Tatsache, daß sich Kunstwerke in verschiedener Weise als Zeichenkomplexe auffassen lassen, je nachdem auf welche Stufe der Zeichenhierarchie man sich bezieht, und daß das Informationsangebot ein wenig höher liegen muß als die Aufnahmekapazität des Kunstkonsumenten ist, wird die Idee eines mit diesem Überschuß zusammenhängenden Maßes für den "künstlerischen Wert" entwickelt. Dies läßt sich auf den verschiedenen Stufen der Zeichenhierarchie durchführen und zwar jeweils für die "semantische" und die "ästhetische" Dimension im Sinne der früheren Arbeiten von Moles. Durch Addition der semantischen (bzw. der ästhetischen) Werte aller Stufen erhält man den semantischen (ästhetischen) Globalwert, durch Addition des semantischen zum ästhetischen Wert einer Stufe den hierarchischen Wert des Kunstwerks relativ zu dieser Stufe.

Eingegangen am 4.12. 1961

ORDNUNG, LERNPROZESS UND RÜCKWIRKUNG IN PERZEPTIVEN LM-SYSTEMEN

von Helmar F r a n k, Waiblingen/Karlsruhe.

§ 1. Problemstellung.

Bei der Entwicklung eines abstrakten Perzeptionsbegriffs wurde von Rückwirkungen der Apperzeption auf die Perzeption abgesehen (Frank, 1961b, §2.). Ferner blieb zunächst offen, ob eine durch frühere Perzeptionsereignisse verursachte Veränderung der Perzeptionsweise, also ein Lernprozeß, möglich ist; das beschriebene nachrichtentechnisches Modell (Steinbuchs nichtdigitale Lernmatrix in der Kann-Phase) bildet jedoch solche Prozesse nicht ab.

Der Grundgedanke dieses Modells war, daß jedes perzipierbare Außenweltobjekt sich gegenüber von ihm unterscheidbaren Außenweltobjekten jeweils in der Intensität wenigstens eines seiner Merkmale unterscheide. Es sollten n solcher Merkmale durch n Rezeptoren hinsichtlich ihrer Intensität in n nichtnegative (oder, allgemein: reelle) Ausgabegrößen p_v verschlüsselt werden. Die p_v wurden als Komponenten eines Vektors $\mathfrak{p}$ ("Perzeptionsereignis") aufgefaßt. (In Bild 1 ist dies für n = 3 veranschaulicht.) Im Innern des perzeptiven Systems sollten m M u s t e r von

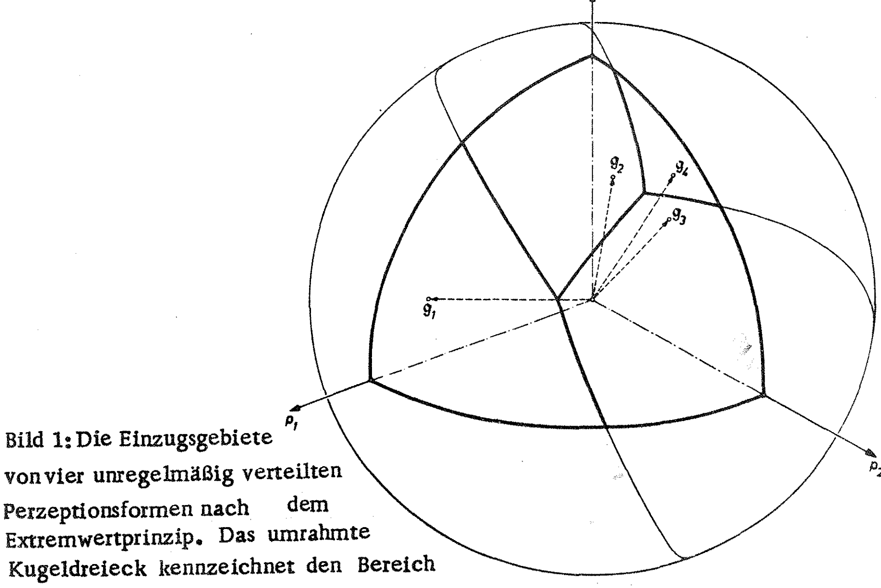


Bild 1: Die Einzugsgebiete von vier unregelmäßig verteilten Perzeptionsformen nach dem Extremwertprinzip. Das umrahmte Kugeldreieck kennzeichnet den Bereich nichtnegativer Perzeptionsereignisse, auf den das von P. Müller gebaute nachrichtentechnische Modell beschränkt ist. Vgl. Bild 6 in Steinbuch und Frank, 1961).

Perzeptionsereignissen ("Perzeptionsformen") $\mathfrak{g}_i$ vom Betrag 1 vorgesehen sein. Die Erkennung eines Außenweltobjekts, welches das Perzeptionsereignis $\mathfrak{p}$ verursachte, erfolgt dann durch Ermittlung des Musters mit dem maximalen inneren Produkt $\mathfrak{p}\cdot\mathfrak{g}_i$, welches durch Ansprechen des Beobachtungsoperators b_i angezeigt wird.

Außer den beiden eingangs genannten Abweichungen der Modellfunktion von psychologischen Wahrnehmungsprozessen bestehen zwei weitere Einschränkungen:

1. Ein angebotenes Zeichen konnte auch vom Muster abweichen, der Winkel zwischen den beiden Vektoren konnte also von Null verschieden sein. War diese "Störung" genügend groß, so erfolgte schließlich die Zuordnung zu falschen Mustern, niemals aber die Aussage, es liege kein definiertes Zeichen, also keine "Ordnung", vor.
2. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein zufälliger Vektor $\mathfrak{p}$ in eine bestimmte Perzeptionsform $\mathfrak{g}_i$ einrastet, wächst mit dem Winkel zwischen dieser und den anderen Perzeptionsformen, so daß man leicht zu Fällen kommt, bei welchen im Verlaufe der Eingabe einer Folge von Zufallsgrössen vorwiegend ein bestimmter Beobachtungsoperator anspricht. (Da in Bild 1 die 1. Perzeptionsform den größten Winkel zu den anderen Perzeptionsformen hat, ist ihr Einzugsgebiet am größten, d.h. das Ansprechen von b_1 am wahrscheinlichsten.)

Im folgenden soll gezeigt werden, wie der für die menschliche Wahrnehmung interessante Fall, daß ein als Zeichen gewertetes Perzeptionsereignis sich durch "Ordnung" auszeichnet und sein zufälliges Entstehen außerordentlich unwahrscheinlich ist, auf das begrifflich-mathematische und das nachrichtentechnische Modell abbildbar ist. Außerdem sollen die Veränderung der Perzeptionsweise des Modells im Verlaufe des Lernprozesses behandelt und Möglichkeiten zur Darstellung der Rückwirkung von der Apperzeption auf die Perzeption erwähnt werden.

§ 2. Ordnung und Unordnung.

Der Begriff der Ordnung konnte (bei einer endlichen Anzahl möglicher Perzeptionsereignisse) durch die Menge der vorgesehenen Klassen gleichwertiger Perzeptionsereignisse bestimmt werden (Frank, 1961a, §8.). Was in keine dieser Klassen fällt (und dies sollte praktisch fast alles sein), war "Unordnung". Im nichtdigitalen Falle fordern wir nun, daß die in dieselbe Perzeptionsform $\mathfrak{g}_i$ einrastenden, also vom selben Beobachtungsoperator b_i registrierten, d.h. einander gleichwertigen Perzeptionsereignisse alle einen Höchstwinkel w gegenüber $\mathfrak{g}_i$ nicht überschreiten. Demnach sind nunmehr zwei Bedingungen zusammen notwendig und hinreichend dafür, daß b_i auf ansprechen soll:

1. $I_i = \mathfrak{p}\cdot\mathfrak{g}_i \geqq \mathfrak{p}\cdot\mathfrak{g}_k = I_k$ für alle k
2. $\mathfrak{p}\cdot\mathfrak{g}_i \geqq |\mathfrak{p}| \cos w$

Die Bedingung (1) wird, wie bisher, durch eine Extremwertschaltung realisiert. Für Bedingung (2) sind Schwellenwertschaltungen denkbar, entweder dadurch, daß eine Einheitsschwelle cos w mit dem Betrag des jeweiligen Perzeptionsereignisses multipliziert wird, oder dadurch, daß bei fester Schwelle s = cos w die Ausgaben p_i der Rezeptoren durch geeignete Schaltung um den Faktor $1/_{|\mathfrak{p}|}$ verstärkt, die

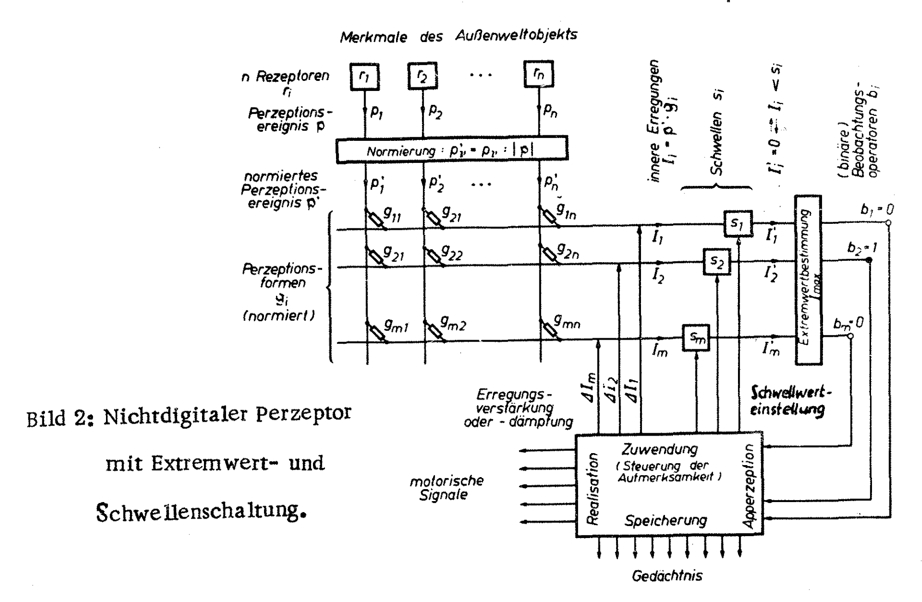


Bild 2: Nichtdigitaler Perzeptor mit Extremwert- und Schwellenschaltung.

Perzeptionsereignisse also normiert werden. (Bild 2 zeigt die zweite Möglichkeit. Auf schaltungstechnische Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.)

Durch Bedingung (2) wird auf der (Hyper-)Kugelfläche, welche die möglichen Perzeptionsereignisse einheitlichen Betrags repräsentiert, um jede Perzeptionsform $\mathfrak{g}_i$ ein gleichgroßer kreisförmiger Bereich erzeugt, welcher die Menge der in $\mathfrak{g}_i$ einrastenden Perzeptionsereignisse darstellt. Überdecken sich zwei solche Kreise, dann bestimmt Bedingung (1), zu welchem Muster die Zuordnung erfolgt (vgl. Bild 3). Liegt ein Perzeptionsereignis außerhalb eines solchen Bereichs, dann spricht kein Beobachtungsoperators darauf an. Dies wird als Perzeption eines "ungeordneten" Außenweltzustands interpretiert. Damit der Zustand der Ordnung selten, also hochinformativ, ist, muß durch eine hohe Schwelle (cos w nahe bei 1) dafür gesorgt werden, daß die Kreisbereiche verhältnismäßig kleine "Inseln" innerhalb des "Oze-

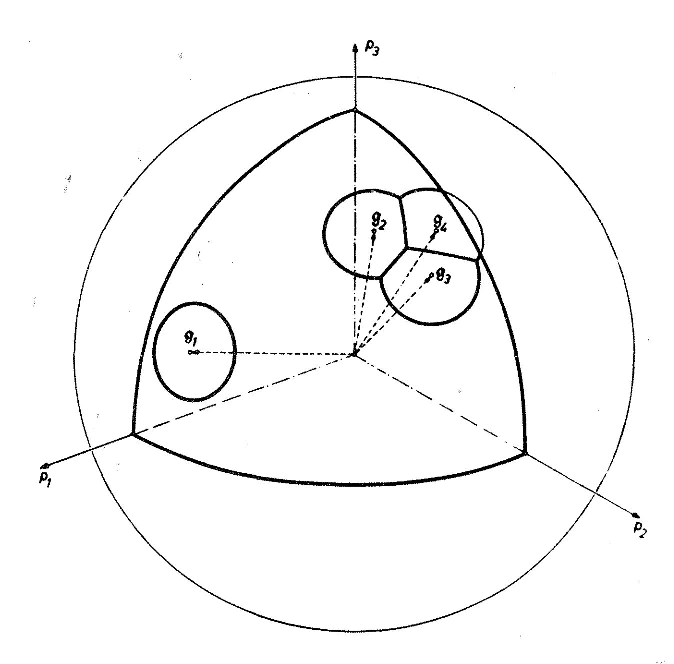


Bild 3: Die Einzugsgebiete der Perzeptionsformen von Bild 1 nach dem Schwellenwertprinzip. (Zwischen $\mathfrak{g}_2$, $\mathfrak{g}_3$ und $\mathfrak{g}_4$ wirkt sich zusätzlich das Erkenntniswertprinzip aus).

ans der Unordnung" sind (Frank, 1962, S. 52f.). Selbstverständlich kann Benses Begriff der Dispersion (1960, S. 34), der für ein digitalesRepertoire möglicher Perzeptionsereignisse schon mit der Hamming-Distanz zwischen einem Perzeptionsereignis und der definierten Ereignisklasse quantitativ präzisiert wurde (Frank, 1961a, §8.3), nunmehr durch die notwendige Schwellwertsenkung, also durch die Verkleinerung von $\cos w$, erfaßt werden, die erforderlich ist, bis $\mathfrak{p}$ in einen der dadurch wachsenden Kreisbereiche fällt. - Wenn also feststeht, daß das gezeigte Objekt ein bekanntes oder gestörtes Zeichen (bzw. ein anderer, bekannter Außenweltzustand) ist, so daß dem Menschen die richtige Zuordnung gelingt, dann kommt dies im Modell durch einen Abbau der Schwelle infolge einer Rückwirkung von der Apperzeption auf den Perzeptionsprozeß zum Ausdruck. - Übrigens brauchen die Äquivalenzbereiche nicht kreisförmig zu sein: durch die disjunktive Schaltung $b_2 v b_3 v b_4$, also durch Identifikation von $\mathfrak{g}_2$, $\mathfrak{g}_3$ und $\mathfrak{g}_4$, entsteht in Bild 3 sogar ein nichtkonvexer Bereich!

§ 3. Perzeption während des Lernvorgangs.

Sollen die Perzeptionsformen einlernbar sein, dann bedeutet dies, daß z.B. der Vektor $\mathfrak{g}_1$ in Bild 4 und damit der zugehörige Kreisbereich, ursprünglich fehlte. Durch simultanes Angebot eines entsprechenden Musters und Abgabe eines Signals auf b_1 kann die Bildung von $\mathfrak{g}_1$ erreicht werden (vgl. Steinbuch und Frank, 1961). Falls dazu eine einzige solche Koinzidenz, also ein Lernschritt, nicht ausreicht, "wächst" im Laufe des Lernprozesses die Perzeptionsform $\mathfrak{g}_1^L$ vom Betrag 0 bis zum Betrag 1. (Die Richtung kann dabei schwanken und sich schließlich auf einen Mittelwert einstellen, falls während des Lernprozesses das angebotene Muster nicht durchweg exakt dasselbe war.) Dabei ist es möglich, daß ein bereits mehrfach angebotenes Zeichen noch nicht erkannt wird, da der Lernprozeß zunächst "unterschwellig" verläuft ($I_i^{(L)} = \mathfrak{p} \cdot \mathfrak{g}_i^L < s$). In Bild 4 wird z.B. mit $s = \cos 10^\circ$ das Muster erst ab $|\mathfrak{g}_1^L| = L = 98,48\,\%$ des Lernerfolgs erkannt, sobald also der Betrag der neu zu lernenden Perzeptionsform $0,9848$ ist. Ein gestörtes Muster, das z.B. um 6° von dem zu $98,48\,\%$ gelernten abweicht, erscheint noch als Unordnung; die Störung kann jedoch ab $L = 99\%$ als solche erkannt und korrigiert werden.

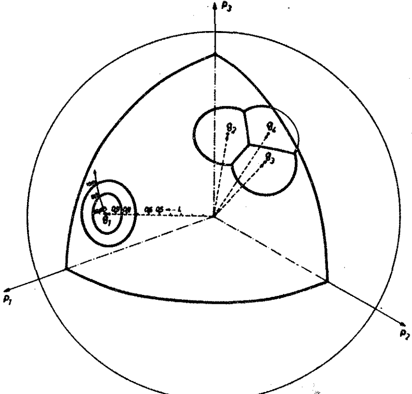


Bild 4: Wachstum des Einzugsgebiets von $\mathfrak{g}_1$ während der Lernphase bei festem Schwellenwert $\cos 10^\circ$. Der Lernerfolg wird ab $L = 0,9848$ manifest. (Innerer Kreisbereich: $L = 0,99$; äußerer Kreisbereich: $L = 1,00$.)

Dieser Effekt ist vom menschlichen Lernvorgang her geläufig: ein vertrautes Zeichen kann stark gestört sein; wird ein eben erst gelerntes, noch ungewohntes Zeichen jedoch gestört, dann entsteht der Eindruck, etwas ganz Neues werde gezeigt. Hier wie im allgemeinen gelingt unter Umständen seine richtige Zuordnung durch "Abbau der Schwelle", sobald man weiß, daß das angebotene Zeichen eines der erlernten ist. Man bestätigt dies unmittelbar im Selbstversuch anhand der folgen-

den Devanagari-Zeichen. Folgende fünf Vokalzeichen seien schon gelernt:

अ = a   ए = e   इ = i   ओ = o   उ = u

Angeboten werde nun das Zeichen अो. Zunächst erscheint es als noch unbekannter, neuer Buchstabe. Sobald man aber weiß, daß es sich um eines der schon gelernten Vokalzeichen handeln muß, variiert man diese im Geiste so lange ("senkt" also die "Schwelle"!), bis das angebotene Zeichen als Variante eines der gelernten erscheint. Wenn, wie in diesem Falle, die "Dispersion" sehr groß ist, wird die Variante für sich extra gelernt (d.h. es wird für sie eine eigene Perzeptionsform gebildet) und es wird gelernt, daß sie mit der schon bekannten Perzeptionsform gleichbedeutend ist (d.h. die beiden Beobachtungsoperatoren werden bei der Bedeutungszuordnung disjunktiv verknüpft). Auf diese Weise kann sich ebenso wie der Mensch auch ein nachrichtentechnisches Modell unter günstigen Umständen selbstständig über Varianten belehren.

Ein ungünstiger Umstand läge in unserem Beispiel aber dann vor, wenn die fünf Vokalzeichen mit stark unterschiedlichem Lernerfolg L gelernt worden wären, so daß z.B. die zu den Zeichen für a, e, i und u gehörigen Perzeptionsformen $\mathfrak{g}_i^L$ schon fast die Länge 1, die zum o-Zeichen gehörige jedoch erst eine kaum über Null liegenden Betrag hätten. Beim Vergleich mit dem neu angebotenen Zeichen würde also an das o-Zeichen "kaum gedacht". Das neue Zeichen würde dann zweifellos - fälschlich - für eine Variante des u-Zeichens gehalten. Auch dieser Umstand ist im Modell nachgebildet. Denn eine Schwellensenkung vergrößert den Bereich einer Perzeptionsform nur bis zu der durch die Extremwertschaltung bestimmten Grenze. Für diese Grenze gilt in der Kannphase wegen der Bedingung (1) die Vektorgleichung

$$\mathfrak{g}_i \cdot \mathfrak{x} = \mathfrak{x} \cdot \mathfrak{g}_k$$

wobei $\mathfrak{x}$ die Grenze durchlaufen soll. In der Lernphase dagegen gilt:

$$\mathfrak{g}_i^L \cdot \mathfrak{x} = \mathfrak{x} \cdot \mathfrak{g}_k^L$$

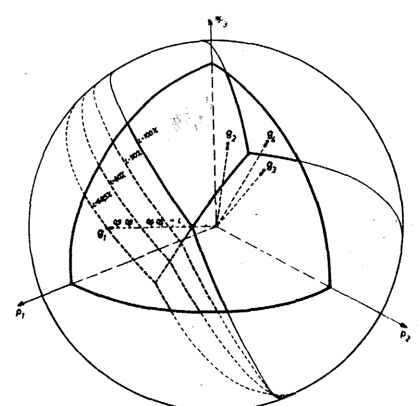


Bild 5: Wachstum des Einzugsgebiets von $\mathfrak{g}_1$ während der Lernphase aufgrund der Extremwertschaltung.

d.h. die Grenze verschiebt sich jetzt zuungunsten des noch weniger gründlich eingelernten Musters. (In Bild 5 ist dargestellt, wie sie die Grenze von $\mathfrak{G}_1^L$ im Laufe der Lernprozesses verschiebt, wenn die übrigen Muster schon hundertprozentig eingelernt sind.) Dies entspricht der geläufigen Erfahrung, daß in Zweifelsfällen ein Perzeptionsereignis in die subjektiv-wahrscheinlichste, d.h. geläufigste, bisher am häufigsten benutzte unter den benachbarten Perzeptionsformen einrastet. Bei den "projektiven Tests" macht der praktische Psychologe davon ausführlich Gebrauch. Beispielsweise wurde in einem Test des Verfassers (Gymnasium Kornwestheim, 22. 2.62) 14-bis 19jährige Schülerinnen und Schülern 5 sec. lang Bild 6 als Lichtbild gezeigt. 75% der männlichen Versuchspersonen, die das Bild eindeutig zu bezeichnen vermochten, sahen darin eine junge Frau (Ohr sichtbar), im Gegensatz zu nur 40% der weiblichen Versuchspersonen (nicht signifikant weniger als 50%). 25% bzw. 60% apperzipierten eine alte Frau (Ohr durch Kopftuch verdeckt). Nachträglich gelang es jedem, mit geringfügiger Anstrengung, dieses Perzeptionsereignis wahlweise in jede der beiden Perzeptionsformen "einrasten" zu lassen.



Bild 6: Trickbild nach F. Bartlett (entnommen aus Steinbuch, 1959).

§ 4. Rückwirkungen.

Die "geringfügige Anstrengung", welche dasselbe Perzeptionsereignis in eine andere Perzeptionsform einrasten läßt, erfolgt beim Menschen bewußt, ist also eine Rückwirkung der Apperzeption auf den Perzeptionsprozeß. (Im informationspsychologischen Organogramm ist diese Möglichkeit als "Zuwendung" der Aufmerksamkeit bezeichnet. Vgl. z.B. Frank, 1962, S.137). Auf die Notwendigkeit der Annahme von Rückwirkungen in perzeptiven Systemen wurde schon vielfach hingewiesen (vgl. z. B. Steinbuch, 1959, 1961, S.149f). Die im Lernmatrizen-System (kurz: LM-System) der Abb. 2 vorgesehene Rückwirkungsmöglichkeit erlaubt folgende Operationen:

1. Es können alle Schwellen gleichmäßig gesenkt werden. Damit sind Zeichen auch bei vorliegender Dispersion erkennbar.
2. Es können einige Schwellen unübersteigbar erhöht, die übrigen beliebig gesenkt werden, so daß der Einzugsbereich einiger Perzeptionsformen unter den bürigen aufgeteilt wird. Dieser Prozeß gestattet z.B. die Erkennung eines stark gestörten Zeichens, wenn es sich bei ihm aus übergeordneten Gesichtspunkten um gewisse Zeichen nicht handeln kann, die Auswahl also verringert ist. (Übergeordnete Gesichtspunkte kann beispielsweise der Kontext liefern, für dessen Analyse Steinbuch, 1961, S. 17o, als Modell geschichtete Lernmatrizen vorschlägt.)
3. Es können die Schwellen zweier Perzeptionsformen verschieden eingestellt werden, wobei z.B. erreicht werden kann, daß ein kreisförmiger Einzugsbereich einer Perzeptionsform exzentrisch aber ganz im Inneren des Einzugsbereichs einer anderen liegt ("Regel mit Ausnahme"!).

Die Verschiebung der durch die Extremwertbestimmung definierten Grenze ist natürlich durch Steuerung der Schwellenwerte nicht möglich, wohl aber durch Vergrößerung der inneren Erregungen I_i, sei es additiv, sei es durch verschiedene Verstärkung der verschiedenen I_i. Die für die Informationspsychologie wichtige Fähigkeit des Menschen, stochastische Abhängigkeiten innerhalb von Ereignisfolgen zu berücksichtigen, wird in einem als Modell dienenden perzeptiven LM-System dadurch zu berücksichtigen sein, daß eine rückwirkende Matrix in Funktion des gerade erkannten Außenweltobjekts einen Satz verschiedener Verstärkungsfaktoren für die, durch das nächste Außenweltobjekt erzeugten, inneren Erregungen liefert.

Schrifttumsverzeichnis

BENSE, MAX: Programmierung des Schönen (aesthetica IV). Agis-Verlag, Baden-Baden, 1960. - FRANK, HELMAR: Zur Mathematisierbarkeit des Ordnungsbegriffs. GrKG 2/2, 1961 a, S. 33-42; Über einen abstrakten Perzeptionsbegriff. GrKG 2/3, 1961 b, S. 86-96; Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Eine Einführung in die Informationspsychologie. Agis-Verlag, Baden-Baden, 1962. - STEINBUCH, KARL: Lernende Automaten. Elektron. Rechenanl. 1/3, 4, 1959; Automat und Mensch. Springer-Verlag, Heidelberg, 1961. - STEINBUCH, KARL und FRANK, HELMAR: Die nichtdigitale Lernmatrix als Perzeptor. Kybernetik 1/3, 1961.

Eingegangen am 27. Januar 1962

Über Nervenzellen mit problematischen Kodierungsweisen

von J. Schwartzkopff, München.

In der Regel werden in Sinnesorganen und Nervensystemen kontinuierlich variable Eigenschaften von Außenreizen in ebensolche Änderungen von Erregungsprozessen umgewandelt; sie werden analog verarbeitet. Außer der Größe der Erregung stehen die Menge und die räumliche Verteilung der erregten Elemente sowie verschiedene Formen der zeitlichen Gliederung der Erregung für eine analoge Kodierung zur Verfügung. Hierzu gehören auch die fortgeleiteten Nervenimpulse, sofern die von ihnen übertragene Information in kontinuierlich veränderten Impulsabständen oder Mengen von Impulsen besteht. Die Alles-oder-Nichts-Eigenschaft der Nervenimpulse steht nicht im Widerspruch zur analogen Kodierungsweise, ebenso wie allgemeiner die Erscheinung der Schwelle nur den Eintritt in den Arbeitsbereich des Analog-Prozesses anzeigt.

1. Beispiele

Problematischer wird die Definition, wenn die Anzahl der verfügbaren oder beteiligten Elemente so gering ist, daß die Beteiligung eines individuellen Nachrichtenkanals einen Informationsgehalt bekommen kann. So besitzen einige Arten von Nachtschmetterlingen ein tympanales Gehörorgan, das mit nur zwei Sinnesnerven-

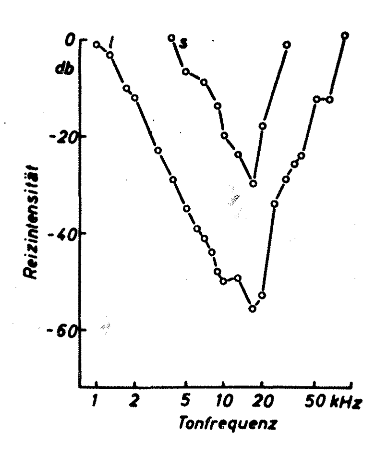


Bild 1: Antwortbereiche (Schwellen) der beiden akustischen Sinnesnervenzellen aus dem Tympanalorgan eines Nachtschmetterlings; nach Suga, (1961).

zellen auf die von Fledermäusen ausgesandten Peilsignale anspricht. Das Organ verschafft seinen Trägern einen unerhört großen Selektionsvorteil von 40% gegenüber nicht hörenden Arten, die entsprechend häufiger von Fledermäusen gefangen werden (Roeder und Treat, 1957; 1961; Suga, 1961). Die beiden ableitenden Nervenfasern verschlüsseln die Intensität eines Fledermaus-Rufes jede für sich analog mittels wechselnder Impulsabstände. Aber die Schwellen der Elemente unterscheiden sich um etwa 30 db (Bild 1). Es besteht also die Möglichkeit durch die Aktivierung der nach der Höhe der abgeleiteten Impulse als l (large) bzw. s (small) bezeichneten Neurone eine diskontinuierliche Information zu übermitteln.

Das Beispiel ist zweifellos nicht als digital zu bezeichnen, schon weil auch bei großzügiger Verwendung dieses Begriffes ein spezifisches zeitliches Muster vorhanden sein müßte. Andererseits scheint die Kodierung mittels individueller Kanäle, d.h. durch ein spezifisches räumliches Muster nicht ohne weiteres unter den Begriff der Analogie zu fallen. Vielleicht ist es nützlich, die in Theorie und Technik der Rechenautomaten entwickelten Begriffe "analog" und "digital" bei der Untersuchung nervöser Informationsübertragung und -verarbeitung nicht unnötig zu strapazieren. Bei dem augenblicklichen, sich rapide veränderndem Stand der Kenntnisse von den nervösen Verarbeitungsprozessen sollten Beobachtungen, die den vorhandenen Definitionen nicht ohne weiteres einzuordnen sind, als Grenzfälle erkennbar bleiben.

Es scheint, daß ein lückenloser Beweis für digitale Kodierung und Verarbeitung im Nervensystem noch nicht erbracht worden ist. Es sind aber Fälle von Nerventätigkeit bekannt geworden, bei denen die Impulse in zeitlich geordneten Mustern mit bestimmten invariablen Eigenschaften gesendet werden und somit keineswegs den herkömmlichen Vorstellungen von variablen Impulsabständen entsprechen. Bei solchen "paradoxen" Entladungsweisen besteht die Möglichkeit einer digitalartigen Verarbeitung. Die Hypothese ist nicht unvernünftig, daß das Zentralnervensystem alle ihm angebotene Information ausschöpft und sich dazu verschiedener Verfahren bedient. Was unter einem digitalartigem Entladungsmuster zu verstehen ist, veranschaulichen Beobachtungen von Bullock und Dieke (1956) an Einzelfasern von Thermorezeptoren am Vorderkopf der Klapperschlange. Mit diesem Organ wird die Wärmestrahlung von Kleinsäugern, der ausschließlichen Nahrung, sehr empfindlich festgestellt. In dem Versuch von Bild 2 wurden die Impulse einer Faser vor und während eines Wärmereizes auf einen Intervallschreiber geleitet, der sowohl die einzelnen Abstände wie deren Mittelwerte fortlaufend registrierte. Die Entladungstätigkeit im "Ruhe"-Zustand ist gekennzeichnet 1. durch eine niedrige mittlere Impulsrate, 2. durch die breite statistische Streuung der Intervalle, zwischen 40 und 250 ms. Der Wärmereiz läßt 1. die Impulsrate ansteigen, analog der Intensi-

tät. Außerdem ändert sich aber 2. die Verteilungsweise der Entladungen grundlegend. Es werden nur noch drei diskrete Intervall-Werte gebildet; von denen der kürzeste mit 20 ms der häufigste ist; es folgen 3o ms und 48 ms. Vielleicht darf man alle diese Werte als Vielfache von rund 10 ms auffassen. - Der kontinuierlich verlaufende Wärmereiz wird also nicht nur analog sondern auch durch ein bestimmtes Entladungsmuster, digitalartig, kodiert. - Die Vermengung von analogen und digitalen Eigenschaften ist typisch für alle Fälle, wo digitalartige Nervenentladungen auftreten. Die Deutung der Befunde wird dadurch sehr erschwert, weil nicht bekannt ist, ob der zentrale Akzeptor der Nachricht nur den analogen oder auch den digitalen Anteil auswertet; in diesem Fall durch Unterscheidung zwischen geordneter und ungeordneter Entladungsweise.

Beobachtungen, wie die hier von Bullock und Dieke mitgeteilten, werden anscheinend häufiger gemacht als publiziert. Die Verfasser schreiben, daß auch von Euler und Söderberg nach mündlicher Mitteilung bei Muskel-Propriorezeptoren eine vergleichbare Gruppierung der Intervalle gefunden haben. Letztlich sind hier die zahlreichen Fälle einzuordnen, in denen die Ruheentladungen statistisch verteilt sind, unter der Wirkung eines Reizes aber konstante Intervalle ausgebildet werden.

Im besonderen Maße finden sich zeitlich geordnete Nervenentladungen im System des Hörnerven der Wirbeltiere, wo tiefe und mittelhohe Tonreize zu synchronen Entladungssalven analog kodiert werden (Schwartzkopff, 1961). Das so entstandene Informationsmaterial erscheint besonders geeignet für eine digitale Verarbeitung.

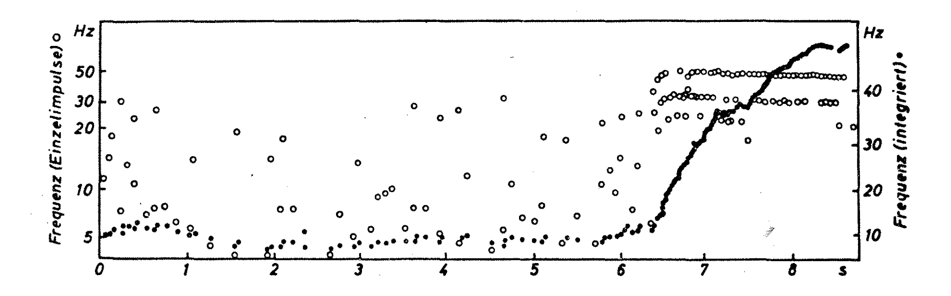


Bild 2: Entladungsweise einer wärmeempfindlichen Nervenfaser vom Vorderkopf der Klapperschlange; Temperaturreiz bei ca. 6 s. Beachte die niedrige integrierte Frequenz und die hohe Streuung der momentanen Impulsfrequenz (o) im ungereizten Zustand; hohe integrierte Frequenz und diskrete Impulsabstände nach Reiz. Nach Bullock und Diecke (1956).

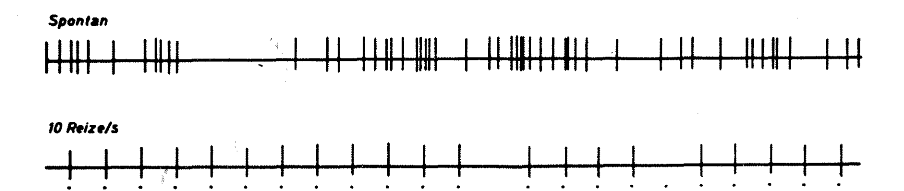


Bild 3: Entladungsweise eines sekundären akustischen Neurons (Katze), oben spontan, unten nach Klickreiz 10/s (Reizmarkierung unter den schematisierten Impulsen). Beachte den Ordnungszustand unter der Reizwirkung; mittlere Impulsfrequenz kann je nach Reizfrequenz niedriger, gleich oder höher als spontan sein. Nach Gerstein und Kiang (1960), verändert.

In Bild 3 sehen wir die Aktivität eines sekundären akustischen Neurons, das Gerstein und Kiang (1960) genauer untersucht haben. Ungereizt ist die Zelle sehr lebhaft, mit statistisch verteilten Intervallen tätig, ähnlich wie der Thermorezeptor in den vorher geschilderten Versuchen. Wird das Ohr mit Klickreizen wechselnder Folgefrequenz aktiviert, dann wird ein analoges Erregungsmuster gebildet; ähnliches gilt für die Reizung mit Sinusschwingungen (Galambos und Davis, 1943). Die Impulsfolgen hängen von der Reizfrequenz ab und können niedriger, gleich oder höher als die mittlere Spontanfrequenz sein. Bei höheren Reizfrequenzen fallen zunehmend einzelne Aktionspotentiale aus, doch bleibt die Zuordnung zwischen diesen und den Reizimpulsen bei der hier untersuchten Zelle bis mindestens 100/s erhalten, in anderen Fällen bis zu 1 000/Hz und mehr.

Für die Verarbeitung der durch ein solches Neuron übertragenen Information kann das Verhältnis von mittlerer Impulsfrequenz im gereizten Zustand zur Spontanfrequenz keine Rolle spielen; bedeutungsvoll ist vielmehr der Ordnungszustand der Entladungen. Unter dem gleichen Reiz entladen sich einige 100 bis 1ooo parallel angeordnete Zellen phasensynchron. Bei einer mittleren Entladungsfrequenz, die dem thermischen Rauschen der Spontanentladungen gleicht, wird die synchronisierte Tätigkeit erkannt und nach Intensität und Frequenz analysiert. Hierbei besteht, wie von Békésy (1961 a, b) in psychophysischen Versuchen gezeigt hat, eine merkwürdige Komplementarität von Frequenz- und Intensitäts-Empfindungen. Diese Komplementarität fehlt bei der Verarbeitung höherer Töne, die nach dem sogenannten Ortsprinzip vollzogen wird.

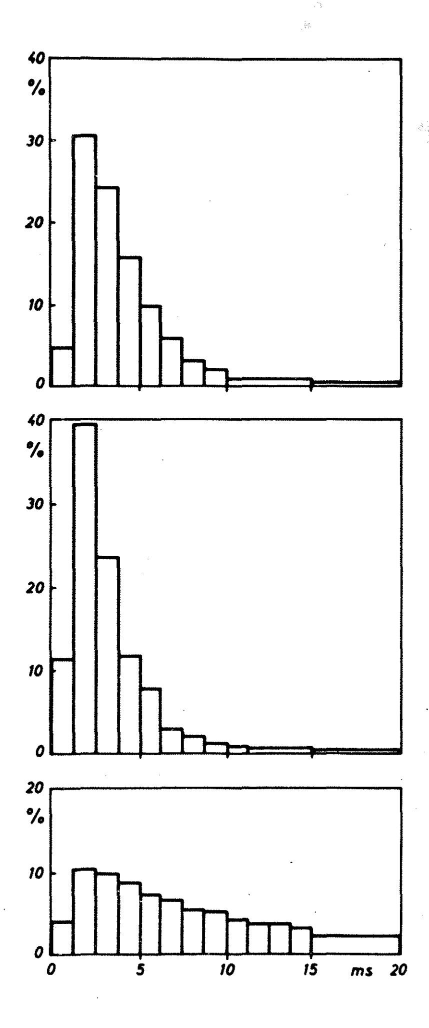


Bild 4: Histogramm der Impulsabstände eines sekundären akustischen Neurons (Katze); unten spontan, Mitte unter Schallreiz (21,5 kHz) von -40db, oben -20db. Beobachtungszeiträume: 30, 8 und 12 s von unten nach oben. Beachte die konstante Lage der Mode bei wechselnder mittlerer Periodendauer. Nach Grossmann und Viernstein (1961).

An dem Versuch von Gerstein und Kiang ist physiologisch interessant, daß offenbar die gleichen afferenten Fasern die Tätigkeit des untersuchten Neurons gegenüber der Spontanaktivität ebensowohl hemmen wie verstärken. Auch für die strenge Phasenbindung der Entladungen muß ein Alternieren von Erregung und Hemmung postuliert werden.

An Neuronen aus der gleichen Etappe der Hörbahn lassen sich in anderen Versuchen aber schon nicht-analoge Eigenschaften feststellen. Grossman und Viernstein (1961) haben in einem bestimmten Teil der sekundären Hörstation, dem Nucleus cochlearis dorsalis unter 31 Zell-Individuen 30 gefunden, deren Tätigkeit dem in Bild 4 analysierten Element im Prinzip entspricht. Die Zelle ist maximal empfindlich für Töne von 21,5 kHz; d.h. sie ist mit der Weitergabe von Information nach dem Ortsprinzip befaßt, denn so hohe Frequenzen können nicht mehr durch nervöse Salven übertragen werden. Mittels Digitalrechner wurden die Impulsintervalle klassenweise zusammengefaßt und in Histogrammform dargestellt. Bei spontaner Tätigkeit ergibt sich ein breites Spektrum von Intervallen; aus Raumgründen ist nur der Anfangsteil der Verteilung aufgetragen worden. Der Mittelwert liegt bei einer Frequenz von 73/s oder 13 bis 14 ms Intervalldauer. Hiervon zu trennen ist der Gipfel des Histogrammes, die Mode, die auf die Klasse 1,25 bis 2,5 ms fällt. Bei Reizung des Ohres durch einen Dauerton in der optimalen Frequenz ändert sich die mittlere Intervalldauer; die Lage der Mode bleibt unbeeinflußt. Wenn angenommen wird, daß auf der nächsten Station der Hörbahn eine dem Histogramm des Bildes 4 vergleichbare Information verrechnet wird, dann steht außer dem Mittelwert der Intervalle bzw. der Impulsfrequenz, die die Reizintensität analog wiedergeben, in Form der Mode auch eine Angabe zur Verfügung, durch die der benutzte Kanal identifiziert werden kann. Diese Identifizierung könnte darum wichtig sein, weil die hier betrachtete Zelle nach dem Ortprinzip angibt, welcher Teil der Basilarmembran erregt worden ist; die Tonhöhen-Kodierung ist an die Aktivierung einer bestimmten Zellpopulation gebunden.

Wir wollen, und sei es nur des Argumentes wegen, annehmen, daß die Intervall-Mode auf anschließenden Stationen der Hörbahn ausgewertet wird und zwar durch ähnliche Mittel, wie sie die Salvenentladungen analysieren. Wir finden in dem fraglichen Gebiet der Hörbahn Nervenzellen, die sich mit einer digitalartigen Zeiteinteilung entladen. Bild 5 zeigt das Verhalten einer solchen tertiären Nervenzelle aus der Medulla eines Vogels (Schwartzkopff, 1958), dessen Ohr durch Klicksignale mit beliebig langem Intervall gereizt wurde. Da die Zelle lebhaft spontan tätig ist, finden sich schon unmittelbar nach dem Reiz einzelne Impulse, die ohne Beziehung zu diesem sind. Nach 5 ms, was der nervösen Laufzeit bis zu diesem Punkt im Gehirn entspricht, häufen sich die Entladungen. In einer beachtlichen Zahl von Fällen wird aber dieser Termin ausgelassen und ein Aktionspotential erst 8 ms nach

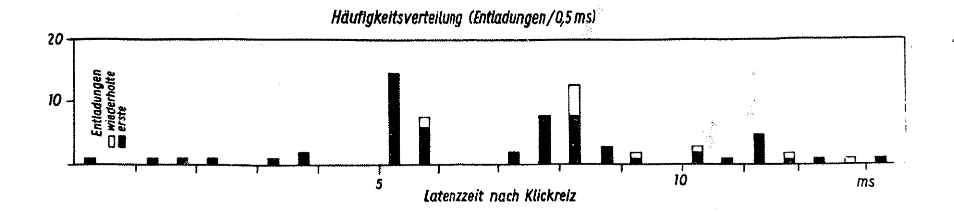


Bild 5: Histogramm der Latenzzeiten von Impulsen eines tertiären akustischen Neurons des Wellensittichs nach Reiz durch Klicksignal von o, 5 ms Dauer (Bereich relativer Intensität 40db). Beachte die Ausbildung einer Eigenperiode von 3 ms nach Anstoß durch den Reiz. Nach Schwartzkopff (1958), verändert.

dem Reiz gebildet. Nach einigen der Entladungen zum ersten Zeitpunkt folgt eine zweite bei 8 ms. Ein drittes Maximum der Entladungswahrscheinlichkeit ist bei 11 ms angedeutet. Die Zelltätigkeit läßt also eine Periodenbildung erkennen, auf die weder die Dauer des Reizes - seine Wirkung hält weniger als o, 5 ms an - noch seine Intensität, die hier um 4o db variiert wurde, einen Einfluß hat.

Hierin liegt eine gewisse Ähnlichkeit zu den Zellen mit einer charakteristischen Entladungsmode. - Wir nennen diese von den Reizbedingungen unabhängige Periode des Entladungsmusters die Eigenperiode, entsprechend Eigenfrequenz, der Zelle. - Bei der Katze wird in den Fällen, die wir bisher erkannt haben, unter entsprechenden Versuchsbedingungen die Eigenperiode sehr viel starrer eingehalten. G a l a m b o s, S c h w a r t z k o p f f und R u p e r t (1959) haben die in Bild 6 mit einigen Registrier-

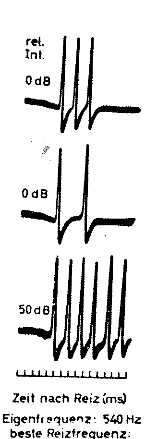


Bild 6: Registrierbeispiel einer tertiären akustischen Nervenzelle (Katze) mit digitaler Zeiteinteilung; nach Galambos, Schwartzkopff und Rupert (1959), verändert.

beispielen vorgestellte Zelle in einem Intensitätsbereich von 80 db untersucht und die Zeit zwischen Reiz und Impulsbildung an mehreren 100 Aktionspotentiaten untersucht. Dabei sind Entladungen nur zu einem oder mehreren der 6 Zeitpunkte aufgetreten, die in der untersten Registrierung erscheinen und zwar mit einer Genauigkeit von $\pm$ o, 2 ms; das sind etwa 1/10 der Eigenperiode.

Im Beispiel Bild 7, ebenfalls von der Katze, treten unterhalb einer relativen Reizintensität von -98 db keine Entladungen auf. Durch einen Klick mit eben überschwelliger Intensität wird in rund der Hälfte der Versuche kein Nervenimpuls ausgelöst; wenn ein Impuls erscheint, dann zu ganz bestimmten Zeiten, aus denen sich die gleiche Eigenperiode erkennen läßt wie bei einem um 50 db intensiveren Reiz.

Von besonderem Interesse ist in Bild 7 der Übergang von der Intensitätsstufe - 90 auf - 80 db. Bei - 80 db wird zum ersten Male der frühest möglichte Entladungszeitpunkt besetzt. Die Verteilung der Nervenimpulse auf den 2., 3. und spätere Zeitpunkte erfolgt statistisch ohne ersichtlichen Einfluß eines Reizparameters. Die Besetzung des 1. Zeitpunktes könnte man als eine digitale Kodierung der Intensi-

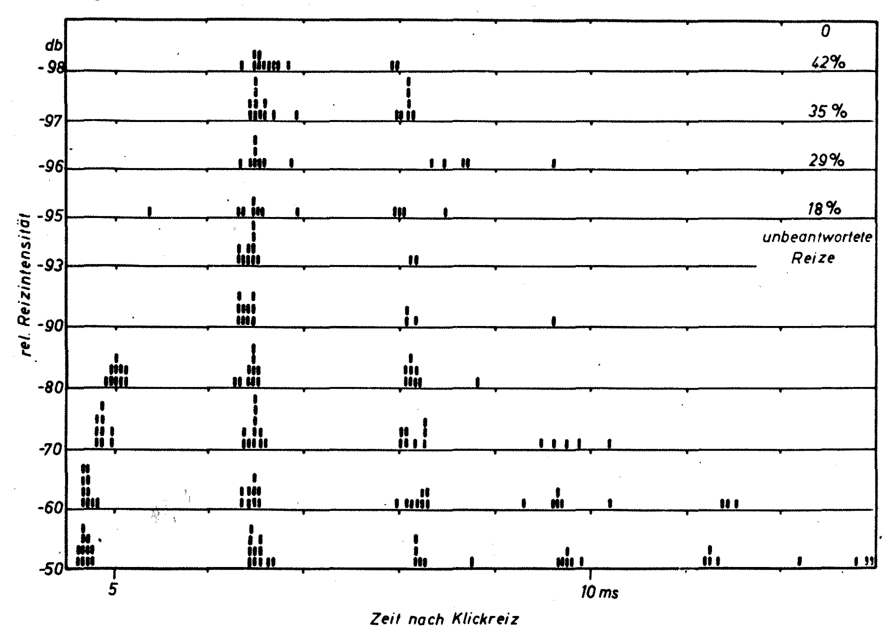


Bild 7: Histogramm der Latenzzeiten von Impulsen eines tertiären Neurons (Katze) nach Klickreiz; Einsatz rechts gibt den Anteil von Reizen ohne nervöse Antwort im schwellennahen Intensitätsbereich an. Aus unveröff. Material von Galambos, Schwartzkopff und Rupert (1959).

tät interpretieren. Es ist anzunehmen, daß auch die Nichtbesetzung dieses Zeitpunktes informatorisch verwertet wird. Auch bei niedriger Reizintensität ist nämlich der Zeitpunkt schon markiert; andernfalls würden die nachfolgenden Entladungen nicht mit dem "richtigen" Abstand erscheinen.

In dem letzten Beispiel treten sogar vier diskrete Entladungsmuster auf, deren jedes eine Intensitätsstufe abbildet (Bild 8). Die Verhältnisse liegen hier auch dadurch komplizierter, daß auf zwei kurze Impulsabstände ein dritter von annähernd doppelter Länge folgt. Über die informatorische Bedeutung können wir nur mutmaßen, doch ist hier wie in den vorangehenden Beispielen die Annahme nicht zu umgehen, daß durch den Reiz ein vom Erscheinen eines Impuls unabhängiger Taktgeber in Tätigkeit gesetzt wird.

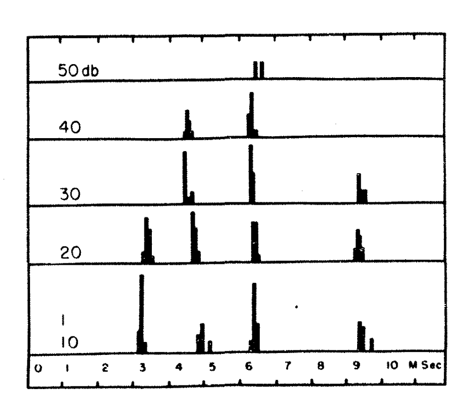


Bild 8: Histogramm eines anderen Neurons, sonst wie Bild 7. Beachte das für jede Intensitätsstufe charakteristische Muster der Impulsverteilung. Nach Galambos, Schwartzkopff und Rupert (1959).

2. Deutung

Die speziellen Vorstellungen, wie Zellen dieses Entladungstypes die Auswertung von nervös übertragenen Rhythmen vollziehen, gehen von einem weiteren Experiment aus, das mit den Zellen (Bild 5-8) mit fester Zeiteinteilung angestellt wurde. Nach der Reizung durch einzelne Klicke wurden dem Ohr sinusförmige Dauertöne angeboten und dabei diejenige Frequenz ermittelt, durch die die jeweils untersuchte Zelle mit geringstem Energieaufwand erregt werden konnte. Diese sogenannte beste Reizfrequenz fällt mit einer methodisch erklärbaren Fehlerbreite von 10% mit der Eigenfrequenz der Zelle zusammen. Wir haben unter einem Dutzend derartiger Versuche keinen gefunden, bei dem dieser Zusammenhang nicht bestünde. Daraus wird vermutet, daß die nervösen Elemente eine Art von Filter darstellen, durch das jeweils nur ein bestimmter Frequenz- oder Periodenbereich der afferenten Nervenrhythmen zur Weiterleitung durchgelassen wird (Schwartzkopff 1958).

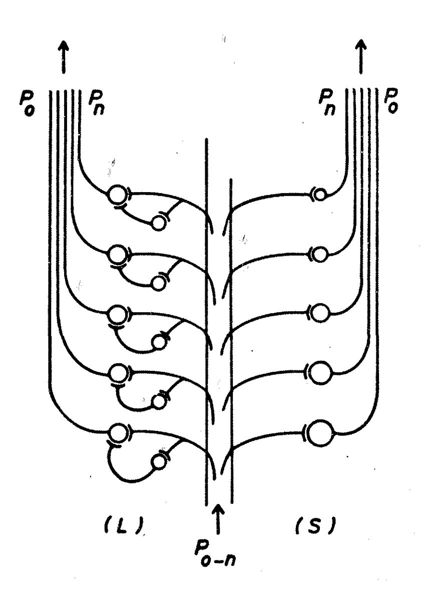


Bild 9: Schema eines nervösen Frequenz-Analysators; links in Anlehnung an Licklider (1959), rechts entsprechend Vorschlägen von Schwartzkopff (1958; s. Text).

Über das Zustandekommen der Filtereigenschaften gibt es zwei Hypothesen, die sich nicht ausschließen. Licklider (1959) hat einen nervösen Autokorrelator erdacht, den Bild 9 im linken Teil in etwas modifizierter Form wiedergibt. Aus einem Eingangskanal, der beliebige nervöse Rhythmen nach dem Salvenprinzip überträgt, wird eine Batterie von Koinzidenz-Analysatoren gespeist. Das jeweilige Ausgangsneuron kann die einlaufende Erregung nur weitergeben, wenn gleichzeitig mit seiner direkten Aktivierung ein Impuls von dem zugehörigen Zwischenneuron eintrifft. (Das Modell würde auch unter der Annahme einer Hemmwirkung durch das Zwischenneuron arbeiten). Die einzelnen Zwischenneurone sind durch variierende Verzögerungszeiten für den Durchlauf der Erregung charakterisiert. Eine solche Verzögerung könnte beispielsweise durch verschieden lange Leitungsbahnen zustandekommen. Das System wäre in der Lage, aus einem Perioden-Gemisch die Komponenten herauszufiltern. Es könnte außerdem die beobachteten Entladungsmuster (die Licklider (1959) noch nicht bekannt waren) hervorbringen.

Nach unseren eigenen Vorstellungen, die im rechten Teil der Abbildung dargestellt sind, kann auf das Zwischenneuron verzichtet werden. Wir nehmen an, daß die Ausgangsneurone selbst hinsichtlich der Zeitkonstanten der Erregungsbildung variieren. Dies wird in der Ausprägung von periodischen Entladungsmustern auf aperiodischen (Klick-)Reiz sichtbar (Bild 5-8).

Die Ausgangsneurone filtern aus dem Gemisch von ihnen angebotenen Perioden den Bereich der Eigenperiode heraus, wodurch eine Zerlegung oder Analyse der nervös übertragenen Rhythmen vollzogen ist (durch "nervenphysiologische Resonanz", Schwartzkopff, 1958).

Um den Mechanismus der konstanten Eigenperiodik zu verstehen, gehen wir von der Entstehung variabler Impulsperioden aus, wie sie an verschiedenen Sinnesnervenzellen festgestellt werden konnten. Die Befunde mehrerer Autoren (Arvanitaki-Chalazonitis und Chalazonitis, 1956; Arvanitaki und Chalazonitis, 1961; Bullock, 1961; Burkhardt, 1959; Chalazonitis, 1961; Pabst und Schwartzkopff, 1962) werden schematisch im Oberteil des Bildes 10 kombiniert: ein Außenreiz bewirkt an dem sensiblen Fortsatz des Rezeptors eine analoge, kontinuierlich variable Änderung des Membran-Potentials. Diese Änderung läßt in einem proximalwärts gelegenen Abschnitt der Zelle rhythmische Po-

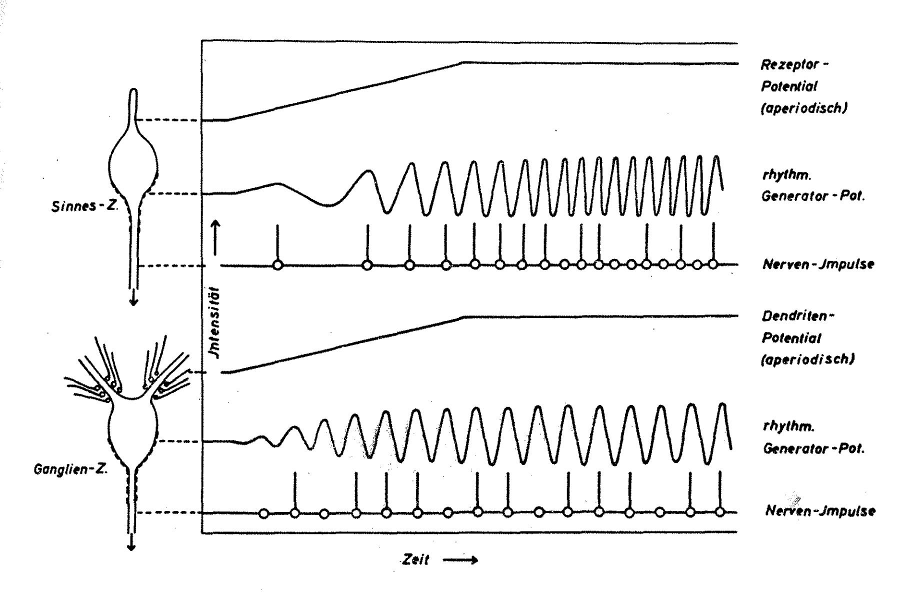


Bild 10: Physiologie der Rhythmus-Bildung an peripheren (oben) und zentralen Neuronen, schematisch. Unter Reizwirkung tritt an der Sinneszelle ein lokales, nach Amplitude und Frequenz variables Generator-Potential auf; an Ganglienzellen bei konstanter Frequenz nur Amplitude veränderlich.

tential-Schwankungen entstehen, die in Frequenz und Amplitude vom ersten Prozeß abhängen. Die Bildung der fortgeleiteten Nervenimpulse setzt sich den rhythmischen Schwankungen auf. In gewissen zentralnervösen Ganglienzellen ist (Bild 10, Unterteil) die Periode des rhythmischen Prozesses konstant. Nur die Amplitude wird von der einlaufenden nervösen Erregung beeinflußt (vgl. Chalazonitis und Chagneux, 1961). Die ausgelösten Nervenimpulse zeigen eine digitalartige Zeiteinteilung.

3. Schluß

Die hier vorgestellten einfachen Impulsmuster sind durchweg im sensorischen Teil des Nervensystems beobachtet worden. Der Umstand, daß diese Muster nicht in eine Abfolge motorischer Innervation auslaufen, macht sie besonders interessant; die informationsmäßige Verrechnung der Mustereigenschaften wird dadurch zu einer plausiblen Annahme. Daß eine solche Verrechnung nervenphysiologisch möglich ist, sollen die Modelle der Bilder 9 und 10 zeigen; ob sie in der vorgeschlagenen Form realisiert ist, bleibt eine durchaus offene Frage. Solange über den Auswertungsmechanismus von sensorischen Entladungsmustern eindeutige Aussagen nicht gemacht werden können, sollte auch das Problem der "digitalen" Kodierung zurückgestellt bleiben, eine solche Kodierung also weder als erwiesen behauptet noch als im Widerspruch zu den Befunden stehend abgestritten werden. Aber es ist vielleicht zweckmäßig, bestimmte Entladungsmuster als "diskret" den andersartigen analogen gegenüberzustellen.

Schrifttumsverzeichnis

(Diese Arbeit bildete das Manuskript zu einem Vortrag des Verfassers bei der 7. Karlruher Lerntagung am 2. März 1962).

ARVANITAKI-CHALAZONITIS, A. et CHALAZONITIS, N.: Stimulation d'une aire de la membrane somatique par l'activite d'un autre lieu cellulaire contigu (soma geant d'Aplysia); C.r. Acad. Sci. (Paris) 242, 1814-1816 (1956); Excitatory and inhibitory processes initiated by light and infra-red radiations in single identifiable nerve cells (giant ganglion cells of Aplysia) in: Nervous inhibition, Proc. Internat. Sympos. (ed. Florey), 194-231 Pergamon Press (Oxford, London, New York, Paris) 1961. - BEKESY, G. v.: Pitch sensation and its relation to the periodicity of the stimulus. Hearing and skin vibrations, J. acoust. Soc. Amer. 33, 341-348, (1961a); Abweichungen vom Ohmschen Gesetz der Frequenzauflösung beim Hören; Akust. Beih. Acustica 11, 241-244 (1961b). - BULLOCK, T.H.: The origin of patterned

nervous discharge, Behaviour 17, 48-59, (1961). - BULLOCK, T.H. and DIECKE, F..P. J.: Properties of an infra-red receptor, J. Physiol. 134, 47-87 (1956). - BURKHARDT, D.: Die Erregungsvorgänge sensibler Ganglienzellen in Abhängigkeit von der Temperatur, Biol. Zbl. 78, 22-62 (1959). - CHALAZONITIS, N.: Chemopotentials of giant nerve cells (Aplysia fasciata), in: Nervous Inhibition, Proc. Internat. Sympos. (ed Florey) 179-193 Pergamon Press (Oxford, London, NewYork, Paris) 1961. - CHALAZONITIS, N. und CHAGNEUX, R.: Photopotentials of the Sepia giant axons sensitized to light, Bull. Inst. Oceanogr. 58, 1223-1243 (1961). - GALAMBOS, R. und DAVIS, H.: The response of single auditory nerve fibres to acoustic stimulation, J. Neurophysiol. 6, 39 - 57 (1943). - GALAMBOS, R., SCHWARTZKOPFF, J. and RUPERT, A.: Microelectrode study of the superior olivary nuclei, AmeriJ. Physiol. 197, 527-536 (1959). - GERSTEIN, G.L. and KIANG, N. Y.-S.: An approach to the quantitative analysis of electrophysiological data from single neurons, Biophys. J. 1, 15-28 (1960). - GROSSMANN, R.G. and VIERNSTEIN, L.J.: Discharge patterns in cochlear nucleus, Science 134, 99-1o1, (1961). - LICKLIDER, J.C.R.: Three auditory theories, in: Psychology: a study of science (ed. Koch), 41-144, McGraw-Hill (New York) 1959. - PABST, H. und SCHWARTZKOPFF, J.: Zur Leistung der Flügelgelenk-Rezeptoren von Locusta migratoria, Z. vgl. Physiol. 45, 396-4o4 (1962). - ROEDER, K.D. and TREAT, A.E.: Ultrasonic reception by the tympanic organ of noctuid moths, J. exp. Zool. 134, 127-158 (1957); The detection and evasion of bats by moths, Amer. Scientist 49, 135-148 (1961). - SCHWARTZKOPFF, J.: Über nervenphysiologische Resonanz im Acusticus-System des Wellensittichs (Melopsittacus undulatus Shaw), Z. Naturf. 13b, 2o5-2o8, (1958); Die Übertragung akustischer Information durch Nerventätigkeit nach dem Salvenprinzip, in: Aufnahme und Verarbeitung von Nachrichten durch Organismen (ed. Marko), 87-99, Hirzel (Stuttgart) 1961. - SUGA, N.: Functional organization of two tympanic neurons in noctuid moths, Jap. J. Physiol. 11, 666-677 (1961).

Eingegangen am 19. März 1962

Die Anwendung der mathematischen Theorie der Wortbildung auf die georgische Sprache

von G. Zerzwadse, G. Tschikoidse und Th. Gatschetschiladse, Tbilisi (UdSSR).

Dieser uns aus Tbilisi (Tiflis), Georgien, übersandte Beitrag befaßt sich mit der Anwendung der mathematisch-statistischen Theorie der Wortbildung von Wilhelm Fucks (Aachen) auf die georgische Sprache. Da die Originalarbeiten von W. Fucks in unserem Sprachraum hinreichend bekannt sind, hielt die Redaktion einen kürzeren Abriß dieser Theorie als ihn die Autoren ihrem Beitrag voranstellten für ausreichend. Daher wurde der gegebene Abriß etwas gekürzt und als § 2 hinter den davon unabhängigen Paragraphen über die Silbenverteilung gesetzt, der im Manuskript an zweiter Stelle stand. Im übrigen wurden nur einige sprachliche Verbesserungen angebracht. Mit der Durchführung der genannten Überarbeitung wurde R. Gunzenhäuser (Esslingen/Neckar) beauftragt, von dem wir in einer früheren Nummer (1960) eine an der Fucksschen Theorie orientierte Untersuchung publizierten.

Die Redaktion.

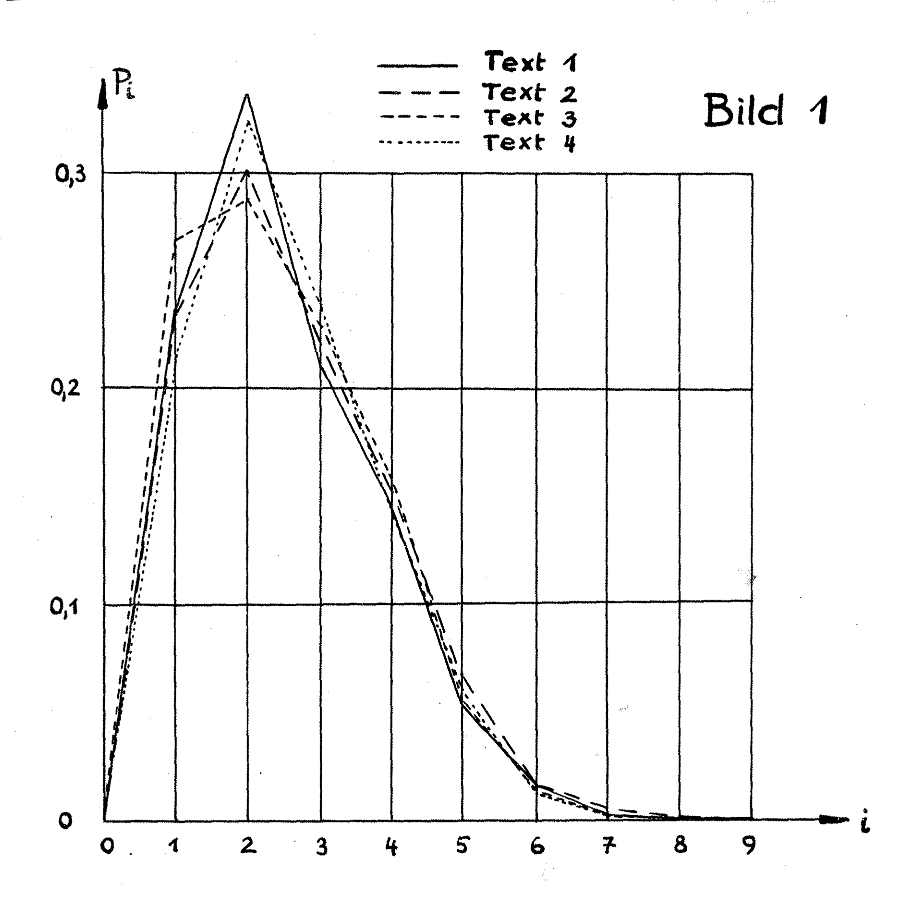
1. Die Silbenverteilung je Wort

Jedes Wort besteht - auch in der georgischen Sprache - aus einer, zwei oder mehreren Silben. Für die statistische Analyse der Silbenhäufigkeit der Wörter eines Textes haben wir folgende Werke der georgischen Sprache untersucht:

(1) "Otars Witwe" von J. Tschawtschawadse,
(2) "Baschi-Atschuk" von A. Zereteli,
(3) "Vor dem Galgen" von Tsch. Lomtatitse und
(4) "Gwadi-Bigwa" von L. Kiatscheli.

Die relativen Häufigkeiten p_i der Wörter mit je i Silben ergeben in Figur 1 und Tabelle 1 folgende graphische und numerische Verteilung und die folgenden arithmetischen Mittelwerte für die 4 genannten Werke:

Werk	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. "Otars Witwe"	o, 2355	o, 3354	o, 2o99	o, 1465	o, o534	o, o16o	o, oo25	o, ooo7	o, ooo3
2. "Baschi-Atschuk"	o, 233o	o, 3o13	o, 2194	o, 1519	o, o722	o, o16o	o, oo47	o, oo12	o, ooo2
3. "Vor dem Galgen"	o, 2688	o, 287o	o, 2284	o, 1411	o, o565	o, o149	o, oo27	o, ooo3	o, ooo3
4. "Gwadi-Bigwa"	o, 2155	o, 3242	o, 2384	o, 1432	o, o6o7	o, o148	o, oo25	o, ooo6	o, oooo
Mittelwerte aus 1 bis 4:	0, 2382	o, 312o	o, 224o	o, 1457	o, o6o7	o, o154	o, oo31	o, ooo7	o, ooo2



Für die empirisch ermittelte Verteilung der Werte p_i ergibt sich als Mittelwert, d.h. als mittlere Silbenzahl je Wort der georgischen Sprache, der Wert

$$\bar{i} = \sum_{i=1}^{9} i \cdot p_i = 2,5420$$

und als weiteres statistisches Maß die sogenannte Entropie

$$S = -\sum_{i=1}^{9} p_i \cdot \log p_i = 0,6862$$

$$= 2,2797 \text{ bit.}$$

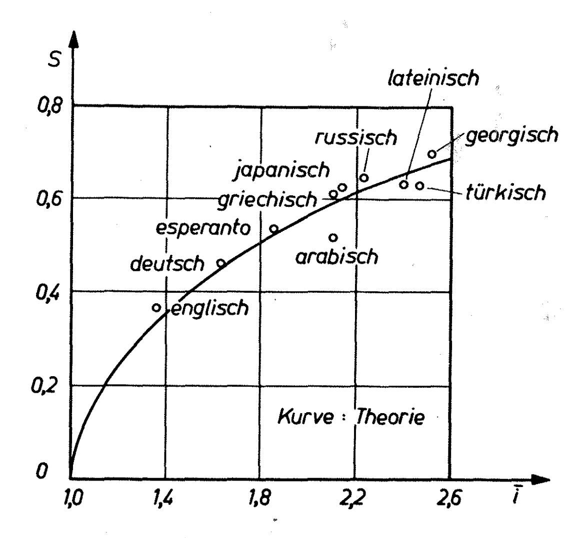
(vgl. Fucks, 1955, Seite 6).

Zum Vergleich ergänzen wir die von Fucks (1955, S. 10) berechneten Werte für die Silbenhäufigkeit von 9 Sprachen durch die Werte für die georgische Sprache:

	Englisch	Deutsch	Esperanto	Arabisch	Griechisch	Japanisch	Russisch	Lateinisch	Türkisch	Georgisch
P_1	0,7152	0,5560	0,4040	0.2270	0.3760	0.3620	0.3390	0,2420	0,1838	0,2382
P_2	0,1940	0,3080	0.3610	0,4970	0.3210	0,3440	0.3030	0,3210	0,3784	0.3120
P_3	0,0680	0,0938	0,1770	0,2239	0,1680	0,1780	0,2140	0,2870	0,2704	0.2240
P_4	0,0160	0,0335	0,0476	0,0506	0,0889	0,0868	0,0975	0,1168	0,1208	0,1457
P_5	0,0056	0,0071	0,0082	0.0017	0,0346	0,0232	0,0358	0,0282	0.0360	0,0607
P_6	0'0012	0,0014	0,0011	0,0000	0,0083	0,0124	0,0101	0,0055	0,0056	0,0154
P_7	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0,0007	0,0040	0,0015	0,0007	0,0004	0.0031
P_8	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0.0000	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004	0,0007
P_9	0.0000	0.0000	0,0000	0.0000	0.0000	0,0004	0,0000	0.0000	0,0000	0.0002
$\bar{i}$	1,351	1,634	1,859	2,104	2.105	2,137	2.228	2,392	2,455	2,542
S	0,367	0.456	0.535	0.513	0,611	0,622	0.647	0,631	0,629	0.686

Betrachtet man die Entropie S als Funktion des Mittelwertes $\bar{i}$ in einem $\bar{i}$-S-Koordinatensystem, so erhält man in Ergänzung einer Figur von Fucks (1955, S. 12) folgende Darstellung:





2. Die theoretische Veteilung von Fucks

Der Prozeß der Bildung von Wörtern aus Silben und der Bildung von Silben aus einzelnen Lauten kann an Hand eines statistischen Modells von Fucks (1955, S.17ff.) beschrieben und experimentell realisiert werden.

Das Modell besteht aus einer Anzahl von sogenannten "Startzellen", die durch eine bestimmte Anzahl von Kugeln belegt sind, einem "statistischen Verteiler" (ein aus Nagelreihen bestehendes Galton-Brett), über den die Kugeln in sogenannte "Zielzellen" laufen, wo sie sich in einer neuen Verteilung anordnen. Die Verteilfunktion der Kugeln in den Zielzellen genügt unter der Annahme, daß unendlich viele Zellen vorhanden sind, der folgenden Form:

a) Sind in den Startzellen die Elemente so verteilt, daß in $(ß_o - ß_1)$ Zellen kein Element vorhanden ist, in $(ß_1 - ß_2)$ Zellen genau ein Element usf., also in $(ß_v - ß_{v+1})$ Zellen genau v Elemente, wobei stets gilt

$$ß_{v+1} \geqq ß_v \qquad \text{für alle } v,$$

so erhält man nach Fucks (1955, S.27) für den Allgemeinfall der Verteilungsfunktion

$$(1)\ F(i) = e^{-(\bar{i} - \sum_{k=1}^{\infty} ß_k)} \cdot \sum_{v=o}^{\infty} (ß_v - ß_{v+1}) \cdot \frac{(\bar{i} - \sum_{k=1}^{\infty} ß_k)^{i-v}}{(i-v)!}$$

mit $\bar{i}$ als arithmetischem Mittelwert von i. Es sei ferner $ß_o = 1$ und $\bar{i} \geq \sum_{v=1}^{\infty} ß_v$.

Die "erzeugende Funktion", die dieser Verteilungsfunktion entspricht, hat die Form

(2) $G(i;x) = e^{(\bar{i} - \sum_{k=1}^{\infty} ß_k)\cdot(x-1)} \cdot \sum_{v=0}^{\infty} (ß_v - ß_{v+1})\cdot x^v$

woraus man für die statistischen Momente (v = o) folgende Ausdrücke erhält:

(3a) $M_1 = \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)_{x=1} = \bar{i}$,

(3b) $M_2 = \left(\frac{\partial^2 G}{\partial x^2}\right)_{x=1} + \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)_{x=1} = \bar{i}^2 + \bar{i} - \left(\sum_{v=1}^{\infty} ß_v\right)^2 - 2\sum_{v=1}^{\infty} ß_v +$

$+ 2\sum_{v=1}^{\infty} v\cdot ß_v$,

(3c) $M_3 = \left(\frac{\partial^3 G}{\partial x^3}\right)_{x=1} + 3\left(\frac{\partial^2 G}{\partial x^2}\right)_{x=1} + \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)_{x=1} =$

$= \bar{i}^3 + 3\bar{i}^2 + \bar{i} + 2\left(\sum_{v=1}^{\infty} ß_v\right)^3 + 3\left(\sum_{v=1}^{\infty} ß_v\right)^2 - 2\sum_{v=1}^{\infty} ß_v -$

$-3\bar{i}\left(\sum_{v=1}^{\infty} ß_v\right)^2 - 6\bar{i}\cdot\sum_{v=1}^{\infty} ß_v + 3\sum_{v=1}^{\infty} v^2\cdot ß_v + \left(6\left(\bar{i} - \sum_{v=1}^{\infty} ß_v\right) + 1\right)\cdot$

$\cdot\sum_{v=1}^{\infty} v\cdot ß_v$.

usw.

b) Für den Fall $ß_1 = 1$ und $ß_2 = ß_3 = ß_4 = \ldots = o$ ergibt sich folgender Sonderfall einer Verteilungsfunktion

(4) $F(i) = \frac{e^{-(\bar{i}-1)}\cdot(\bar{i}-1)^{i-1}}{(i-1)!}$ (mit $\bar{i} > 1$)

(vgl. Fucks, 1955, S. 21).

Mit dem Wert $\bar{i} = 2{,}542o$ der georgischen Sprache ergibt sich aus (4)

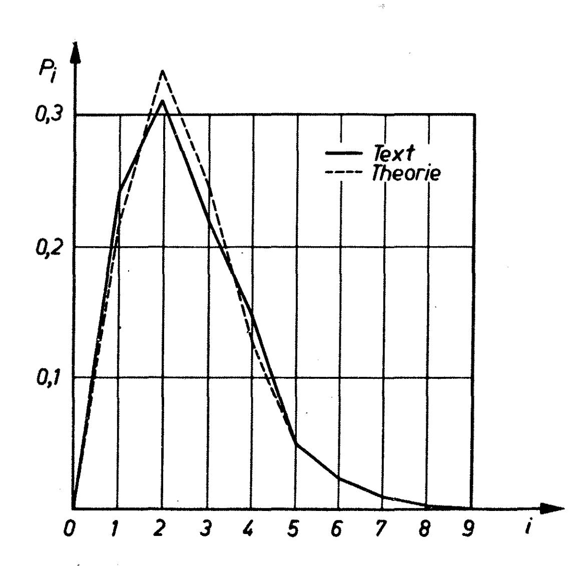
(4') $F(i) = F_{georg.}(i) = \frac{e^{-1{,}542o}\cdot(1{,}542o)^{i-1}}{(i-1)!}$

Die mit Hilfe dieser Formel (4') errechneten Wahrscheinlichkeiten p_i sind in der folgenden Tabelle 3 zusammengefaßt:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F (*i*)	0,2144	0,3306	0,2549	0,1310	0,0505	0,0156	0,0040	0,0009	0,0002

Einen Vergleich zwischen diesen theoretischen Werten und den experimentell ermittelten relativen Häufigkeiten der 4 untersuchten Texte liefert Figur 3:

Bild 3



Wie aus dieser Skizze folgt, stimmen die experimentellen mit den theoretischen Werten gut überein.

3. Die Verteilung der Laute je Silbe.

Bei der Erzeugung einer Lautverteilung je Silbe kann man wieder die Bedingung $ß_1 = 1$, $ß_2 = ß_3 = \ldots = 0$ wie im Falle der Silbenverteilung heranziehen. Eine solche spezielle Verteilung erfaßt den experimentellen Befund nicht. (vgl. dazu Fig. 4). Für die exakte Beschreibung der Lautverteilung in den Silben muß man daher das volle "ß-Spektrum" kennen. Allerdings genügt, wie wir zeigen werden, die Kenntnis der drei ersten Glieder $ß_1$, $ß_2$ und $ß_3$ dieses Spektrums.

Die ß-Parameter werden durch die Momente der Verteilung definiert; beschränken wir uns auf den Fall $ß_1 = 1$, $ß_2 \neq o$, $ß_3 \neq o$ und $ß_4 = ß_5 = \ldots = o$, und benutzt man die folgenden experimentellen Werte für die statistischen Momente der Verteilung

$$M_1 = 2,3283, \quad M_2 = 6,o739, \quad M_3 = 17,6697,$$

so erhält man aus dem System der Gleichungen (3) zwei Gleichungen zur Berechnung für $ß_2$ und $ß_3$:

$$ß_2^2 + 2\,ß_2 ß_3 + (ß_3^2 - 2\,ß_3 - o,6754) = o$$

$$ß_2^3 + (3ß_3 - 4,9924) \cdot ß_2^2 + (3\,ß_3^2 - 12,9849\,ß_3 + 6)ß_2 + (3\,ß_3^3 - 7,9924\,ß_3^2$$

$$+ 14,9849\,ß_3 + 3,7642) = o$$

Wählt man aus den Lösungen dieser Gleichungen $ß_3 = o,2o36$, so erhält man dazugehörig $ß_2 = o,8362$. Die Verteilungsfunktion der Laute je Silbe hat damit die Form

$$(5)\quad F(i) = e^{-o,2885} \cdot \left(o,1638 \frac{(o,2885)^{i-1}}{(i-1)!} + o,6326 \frac{(o,2885)^{i-2}}{(i-2)!}\right.$$

$$\left. + o,2o36 \frac{(o,2885)^{i-3}}{(i-3)!}\right)$$

In der Tabelle 4 sind die Werte der experimentellen Verteilung der Laute sowie die theoretischen Werte nach Formel (5) der Verteilungsfunktion angegeben.

i	1	2	3	4	5	6	7
F(i) experimentelle	o, 1o53	o, 5529	o, 2689	o, o584	o, o118	o, oo29	o, ooo5
F(i) theoretische	o, 1355	o, 5623	o, 3249	o, o858	o, oo91	o, oo68	o, ooo1

Figur 4 gibt den Sachverhalt im Diagramm wieder.

Das Vorhandensein einer solchen "Überstruktur" bei der Silbenbildung aus Lauten weist darauf hin, daß die Silben ihrer Entstehung nach in drei Gruppen einzuteilen sind:

(1) Silben, die wenigstens aus einem Laut bestehen,
(2) Silben, die aus nicht weniger als zwei Lauten bestehen und
(3) Silben, die aus nicht weniger als drei Lauten bestehen.

Die entsprechenden statistischen Werte sind:

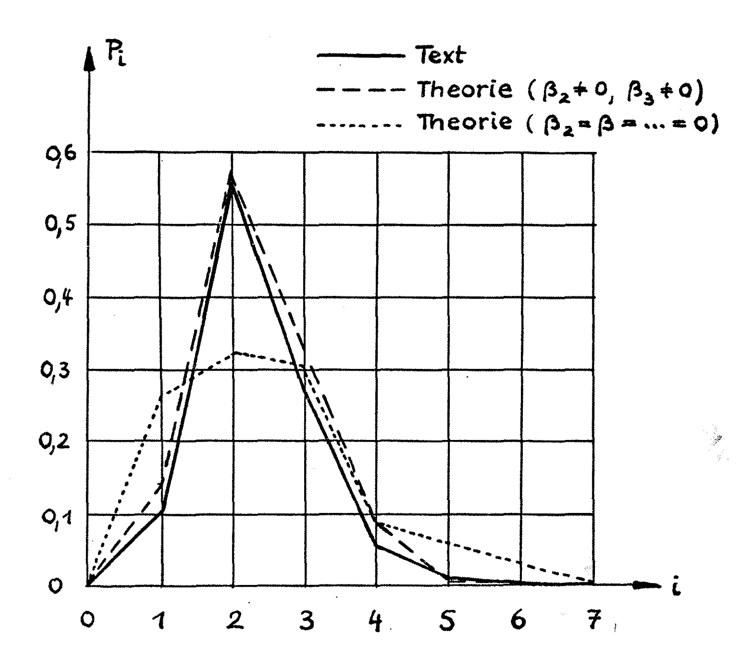
Für die (1). Gruppe: $p_1 = ß_1 - ß_2 = o,1638$

Für die (2). Gruppe: $p_2 = ß_2 - ß_3 = o,6326$

Für die (3). Gruppe: $p_3 = ß_3 \quad = o,2o36$.

Die Existenz dieser drei Gruppen ist vom Standpunkt der Phonetik aus begreiflich. Wie bekannt, gibt es offene Silben (mit Vokalendung) und geschlossene Silben (mit Konsonantendung). Da im Georgischen eine Silbe unbedingt einen oder mehrere Vokale enthält, ist es klar, daß die offenen Silben der ersten Gruppe entspre-

Bild 4



chen, die geschlossenen Silben der zweiten. Die dirtte Gruppe fällt mit den sogenannten "harmonischen Gruppen" zusammen, die völlig an der Silbenbildung teilnehmen:

პყ, ტყ, წყ, ჭყ, ფხ, თხ, ცხ, ჩხ, ბღ, დღ, ძღ, ჯღ.

S c h r i f t t u m s v e r z e i c h n i s

FUCKS, WILH.: "Mathematical Theory of Word Formation", 3. Lond. Symposium on Information Theory, September 1955 (Ed.: C. Cherry; Butterworths Scientific Publications, London, 1956.) - SCHANIDSE, A.: "Georgische Grammatik", Bd. 1, S. 15, 1955.*) - (GUNZENHÄUSER, RUL: "Zur mathematischen Textanalyse etc.", GrKG 1, Heft 5, 1960 mit weiteren Literaturangaben. - Zufügung der Redaktion.)

*) Nicht deutschsprachig! Georgische Originalreferenz:

ა. შანიძე. ქართული ენის გრამატიკა, ტ. I, გვ. 15, 1955.

Eingegangen am 1. 2. 1962

Die Logik der Tabu - Sprachen

von Gerhard Frey, Stuttgart.

In einer grossen Anzahl ursprünglicher und primitiver Kulturen findet man Tabus. Diese Verbote - häufig verbunden mit Totemismus - beziehen sich im allgemeinen auf bestimmte Handlungen. Von unserem sprachlogischen Standpunkt aus interessiert uns nur die Möglichkeit, daß sich diese Tabus auf bestimmte Sprachformen beziehen. So dürfen etwa die Namen von Totemtieren für bestimmte soziale Gruppen und unter bestimmten Verhältnissen nicht ausgesprochen werden. Es kann Geheimwissen geben, das außerhalb einer esoterischen Gruppe tabu ist. Eine Sprache, die in solchen Fällen gesprochen wird, ist also durch Sprachtabus eingeschränkt.

Die Ethnologie hat derartige Sprachen mit tabuierten Worten vielfach beschrieben. Die häufigste Form bezieht sich auf verbotene Namen. Einige Beispiele erläutern das Wesentliche (J.G. Frazer, 1951, L. Levy-Bruhl, 1956):

(a) Schwarzfuß-Indianer dürfen ihre eigenen Namen nicht aussprechen.
Für die Indianer von Guyana sollen alle ihre Namen in der Umgangssprache überhaupt tabu sein; sie sprechen nur in verwandtschaftlichen Beziehungen voneinander.
(b) Ukuteta Kwabafazi (Frauensprache der Kaffern): Für die Frauen sind die Namen der Männer und sämtlicher männlicher Verwandten des Mannes in aufsteigender Linie tabu, sowie alle Wörter, die eine Silbe mit den tabuierten Namen gemeinsam haben(eine Frau deren Mann "U-Mpaka" heißt, darf über ein katzenähnliches Tier, das "impaka" heißt, nicht sprechen).

Übrigens spricht auch Herodot, daß die Frauen der Ionier die Namen ihrer Männer nicht aussprachen.
(c) Bei australischen Ureinwohnern sollen die Namen der Toten tabu sein, sowie alle Dinge, die gleich heißen. Während mitunter die tabuierten Wörter nach einiger Zeit wieder auftauchen, wird von Stämmen in Paraguay berichtet, daß die abgeschafften Wörter nie mehr wiederkehren.
(d) Königs-, Götter- und Priesternamen sind tabu.
(e) Die Namen gefährlicher Tiere dürfen nicht genannt werden.

In sehr vielen Fällen ist es möglich, die tabuierten Worte zu umschreiben. Für gefährliche Tiere werden euphemistische Ausdrücke gebraucht. So soll man in manchen Gegenden Indiens statt "Die Schlange hat mich gebissen", sagen "Der mütter-

liche Großvater hat mich berührt". Daß man den Namen des Teufels nicht nennt und statt dessen von "Gott-sei-bei-uns" sprach, ist aus unserem eigenen Kulturkreis bekannt.

Dieser aus der Ethnologie stammende Tabu-Begriff (das Wort ist polynesisch), ist wohl zuerst von W. Wundt (19o4) verallgemeinert worden. Er hat zunächst darauf hingewiesen, daß alle Völker Tabus besitzen. Auch unsere moderne Gesellschaft kennt solche Tabus, die uns insbesondere wieder als Sprachtabus interessieren. In jeder Gesellschaftsschicht gibt es gewisse Dinge, über die nicht gesprochen werden darf, die also einem Tabu verfallen.

Tabus sind in diesem Sinne zweifellos soziologische Funktionen. S. Freud (194o) hat den Begriff dann auf die Psychologie übertragen. Die Psychoanalyse behauptet, daß es im Bewußtsein einzelner Menschen (vielleicht sogar der allermeisten) Inhalte - Vorstellungen, Erlebnisse -, gibt, die aus ihm verdrängt werden. Insbesondere an den Zwangsneurosen hat Freud beschrieben, wie es derartigen Personen unmöglich ist über das Verdrängte zu sprechen. Freud meinte nun die Tabus psychoanalytisch dadurch erklären zu können, daß in ganz analoger Weise wie bei den Zwangsneurosen, ganze Vorstellungskomplexe aus der Sprache einer sozialen Gruppe verdrängt werden.

Das in einigen Beispielen angeführte ethnologische Material ist für unsere Zwecke unvollständig und z. T. unbrauchbar. Die Ethnologie ist von der Tatsache ausgegangen, daß Tabus in allen primitiven Kulturen kultische Bedeutung haben. Fast alle angeführten Beispiele sind daher auch Worttabus; diese sind für die Ethnologie nur die sprachliche Ausprägung von Handlungs-, Personen- und Dingtabus.

Für das hier gestellte Problem einer allgemeinen Tabu-Sprache scheinen vollständige Geheimhaltungsgebote von größerer Bedeutung. Wir kennen solche Geheimhaltungsgebote für die antiken Mysterien, insbesondere diejenigen von Eleusis. Besondere Schweigepflichten sind auch sonst für verschiedenste Arten von Geheimbünden bekannt. Von gnostischen Geheimkulten bis zu Geheimkadern und sogenannten illegalen Gruppen politischer Parteien reichen derartige Beispiele. Seit den Pythagoreern und ihrer Scheidung in Akusmatiker und Mathematiker gab es dementsprechend ein exoteres und esoterisches Wissen. Die exoterische Sprache ist in unserem Sinne eine Tabu-Sprache.

Wir nennen alle Sprachen, die eine solche Einschränkung und Abgrenzung enthalten T a b u - S p r a c h e n. Wir wollen vollständige und unvollständige Tabu-Sprachen unterscheiden. Eine Tabu-Sprache sei unvollständig, wenn die Möglichkeit einer Umschreibung besteht. Hierher gehören also die meisten oben angeführten ethnologischen Beispiele tabuierter Wörter, die meist substituiert werden können. Eine Ta-

bu-Sprache sei demgegenüber vollständig, wenn solche Umschreibungen ausgeschlossen sind. Die exoterischen Sprachen sind dann in diesem Sinne vollständig, wenn insbesondere auch über das Schweigegebot selbst nicht gesprochen werden darf.

Wir fassen im Folgenden Logik auf als Formalstruktur einer Sprache. Wir wollen uns also nicht um irgendwelche ontologischen Bedeutungen der logischen Bezüge kümmern. Diese interessieren uns hier bloß, insofern wir semantische Grundbegriffe wie "wahr", "falsch" als gegeben voraussetzen. Man hat bei logischen Untersuchungen von Sprachsystemen im allgemeinen angenommen, daß jeder vorkommende Satz eindeutig entweder wahr oder falsch sei. Es gilt in solchen Sprachen also der Satz vom ausgeschlossenen Dritten, oder es gilt wie es Lukasiewicz ausgedrückt hat, der "Zweiwertsatz". Mitunter wird dann die Annahme gemacht, daß es auch Sätze gebe, die weder wahr noch falsch seien, sondern einen dritten Wahrheitswert, etwa "unbestimmt" haben. In diesem Fall würde in der betrachteten Sprache ein "Dreiwertsatz" gelten.

Man hat die logische Formalstruktur solcher Sprachsysteme möglichst exakt mit Hilfe der symbolischen Logik dargestellt. Dies geht nur, indem man zunächst eindeutig abgrenzt, welche Sätze zu der betrachteten Sprache gehören und welche nicht. So wird z.B. durch ein bestimmtes Wahrheitskriterium ein Sprachsystem aus der lebendigen natürlichen Gesamtsprache herausgeschnitten. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß diese Teilsprache eindeutig ist in dem Sinne, daß ein Zwei- oder Dreiwertsatz streng gilt. In unseren modernen Wissenschaften leistet das "Prinzip der Erfahrung" diese Eingrenzung.

Unsere natürlichen Sprachen, vor jenen mehr oder weniger künstlichen Einschnitten, sind daher keineswegs in dem angedeuteten Sinne eindeutig. Praktisch können wir nicht umhin zuzugestehen, daß auch eine mehr oder weniger exakte Wissenschaftssprache immer gewißermaßen eingebettet ist in eine umfangreichere natürliche, lebendige und uneingeschränkte Sprache. Aus diesem Grunde ist auch die immer wieder von Neuem vorzunehmende Abgrenzung der Wissenschaft gegen die anderen Bereiche des Lebens notwendig. "Das ist unwissenschaftlich!" womit in einem konkreten Falle die Abgrenzung vollzogen wird. Kein Wissenschaftlicher macht Zeit seines Lebens nur wissenschaftliche Aussagen. Aber als Wissenschaftler darf er nur solche machen; jeder Wissenschaftler weiß, daß es für ihn im Bereich der Wissenschaften einer der geistig tödlichsten Vorwürfe ist, wenn ihm Unwissenschaftlichkeit nachgesagt werden kann. Die Sprache der Wissenschaft verwirft eine gewisse Aussagenmenge als nicht zu ihr gehörig. Was "wissenschaftlich" bedeutet, ist dabei weitgehend eine Konvention. Es gibt gewisse wissenschaftliche Spielregeln, an die man sich halten muß und die übrigens für die verschiedenen Disziplinen keineswegs immer die gleichen sind.

In eben diesem Sinne sind auch alle Tabu-Sprachen aufzufassen als eingebettet in eine allgemeinere natürliche Sprache. In dem eben charakterisierten Sinne werden wir eine Wissenschaftssprache auf Grund jener sie einschränkenden Bestimmungen zumindest als eine unvollständige Tabu-Sprache aufzufassen haben. Als unvollständig ist sie insbesondere deshalb aufzufassen, weil in ihr im allgemeinen ihre eigene Abgrenzung gegen nicht-wissenschaftliches Reden formuliert werden kann.

Wie ist die logische Struktur solcher Tabu-Sprachen beschaffen? Es soll uns dabei der imperative Charakter (Frey, 1957) der Tabus als Verbote hier zunächst nicht interessieren. Es soll ferner hier nicht berücksichtigt werden, daß solche Tabus als Verbote, Verdrängungen auch wieder aufgehoben werden können. Es soll vielmehr nur untersucht werden, wie die logische Struktur einer Sprache aussieht, in der Tabus in Geltung sind.

I. Die verwerfende Negation. Jede Tabu-Sprache grenzt sich selbst ab, indem gewisse Sätze verworfen, ausgeschlossen werden. Über derartige verworfene Sätze kann innerhalb der Tabu-Sprache nicht weiter gesprochen werden. Wir bezeichnen den logischen Prozess, durch den ein Satz in diesem Sinne verworfen wird und damit grundsätzlich ausgeschlossen wird aus der Sprache, die total verwerfende Negation.

Alle Sätze werden auf diese Weise in zwei Satzmengen geteilt, so daß allen Sätzen der einen der Wert "zugelassen" (1) und allen Sätzen der anderen der Wert "verworfen" (0) zukommt. Die total verwerfende Negation ist dann definiert als eine singuläre logische Funktion: Ein Satz wird durch sie verworfen. Ein schon einmal verworfener Satz bleibt verworfen, auch wenn man die total verwerfende Negation auf ihn nochmals anwendet. Dies läßt sich in bekannter Weise durch eine Matrix darstellen:

p	$\bar{p}$
1	0
0	0

Eine normale, tauschende Negation, wie sie im Wertbereich wahr - falsch angenommen werden muß, kann es für den Wertbereich zugelassen - verworfen nicht geben. Durch ihre Geltung würde ja der wesentliche Charakter der Tabu-Sprache als solcher wieder aufgehoben. Unser System ist also ein zweiwertiger negationsloser Aussagenkalkül. Negationslos ist dabei im Sinne eines Fehlens der tauschenden Negation gemeint.

II. Negationslose Aussagenkalküle. Wir gewinnen durch Betrachtung der Matrizen eine Übersicht über die möglichen zweiwertigen negationslosen Aussagenkalküle.

Wir haben zunächst zu unterscheiden zwischen Kalkülen, in denen zwar kein Negationszeichen vorkommt, in denen aber prinzipiell eine allaxe Negation explizit definierbar ist, und solchen Kalkülen, in denen eine solche Negation auch nicht explizit definierbar ist. Im ersten Falle wird also nur äußerlich auf die Verwendung eines eigenen Negationszeichens verzichtet. Beispiele für derartige unechte negationslose Systeme sind

1). der volle zweiwertige Aussagenkalkül, der nur die Sheffer'sche Strichverknüpfung (Exklusion) verwendet. In ihm läßt sich die allaxe Negation definieren: $\sim p \equiv p|p$.

2). Benützt man eine "positive Logik" im Sinne von Hilbert-Bernays und fügt einen immer falschen Satz hinzu, z.B. Λ = "das Absurde", so kann man die tauschende Negation definieren, z.B. $\sim p \equiv p \supset \Lambda$.

Wir bezeichnen Kalküle, die dem zweiten Fall entsprechen und in denen also eine tauschende Negation nicht explizit definierbar ist, als echte negationslose Systeme. Als singuläre Funktion kann eine Negation nur durch eine binäre Funktion definiert werden. Ternäre, quaternäre und höherstellige Wahrheitsfunktionen brauchen nicht berücksichtigt zu werden, da bewiesen werden kann, daß alle derartigen Funktionen durch Kombinationen von binären Funktionen darstellbar sind (Schmidt, 1960, S. 86, Satz 25). Es dürfen daher in solchen Kalkülen keine Satzverknüpfungen - binären Funktionen - auftreten, in denen $f(1,1) = 0$ und $f(0,0) = 1$ ist. In einem solchen Falle ließe sich die Negation immer definieren durch $f(p,p) \equiv \sim p$.

In einem echten negationslosen Aussagenkalkül dürfen somit die Funktionen $p|q$, p⌉q, p⌈q, p+q auf keinen Fall vorkommen. Als singuläre Funktionen dürfen nur Position, totale Affirmation (Tautologie) und total verwerfende Negation auftreten. Da die Position nur bedeutet, daß die Wahrheitswerte unverändert bleiben, interessieren nur die beiden anderen:

p	+p	$\bar{\bar{p}}$
1	1	0
0	1	0

R e i n p o s i t i v e S y s t e m e: In ihnen soll die total verwerfende Negation nicht vorkommen. Aus diesem Grunde sind auch alle binären Funktionen, für die gilt $f(1,1) = 0$ und $f(0,0) = 0$ ausgeschlossen. Durch sie könnte die verwerfende Negation definiert werden durch $f(p,p) \equiv \bar{\bar{p}}$. Folgende Funktionen bleiben übrig:

p	q	$p \land q$	$p \lor q$	$p \mathrel{J} q$	$p \mathrel{L} q$	$p \supset q$	$q \supset p$	$p \equiv q$
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1

und

p	$+p$
1	1
0	1

Sn_1: Man erhält ein Minimalsystem, indem man nur die ersten 4 binären Funktionen benützt. Da $p \mathrel{L} q$ äquivalent ist $q \mathrel{J} p$, so genügen 3 Funktionen "$\land$", "$\lor$", "L". Da die Äquivalenz als Wahrheitsfunktion nicht auftritt, können Äquivalenzen zwischen Satzformeln nur metasprachlich ausgedrückt werden. Wir schreiben dann z.B. $p \mathrel{L} q \cong q \mathrel{J} p$. Da für alle Funktionen gilt $f(0,0) = 0$ und $f(1,1) = 1$, kann es keine immer wahren Sätze (Tautologien)und keine immer falschen Sätze (Kontradiktionen) geben.

Sn_2: Zu dem vorigen System wird die totale Affirmation hinzugefügt. In diesem Falle gibt es Tautologien. Die Axiomatik des Systems der Tautologien ist möglich und recht einfach. In beiden Systemen gelten Ersetzungsregeln, die alle Äquivalenzen enthalten; außerdem eine Einsetzungsregel für die Satzvariablen und die Abtrennungsregel ($\land$, $\lor$, $+p$).

Sn_3 (Positive Logik): Man läßt alle oben aufgeführten Funktionen zu. Hier können Äquivalenzen als Aussagen innerhalb des Kalküls ausgedrückt werden. Man benötigt mindestens zwei Funktionen, z.B. "$\land$" und "$\supset$". Alle anderen Funktionen einschließlich der totalen Affirmation lassen sich dann folgendermaßen definieren:

$$p \supset p \cong +p \qquad (Sn_3\ D\ 1)$$

$$p \lor q \cong (p \supset q) \supset q \qquad (Sn_3\ D\ 2)$$

$$p \mathrel{J} q \cong q \mathrel{L} p \cong p \qquad (Sn_3\ D\ 3)$$

$$p \equiv q \cong (p \supset q) \land (q \supset p) \qquad (Sn_3\ D\ 4)$$

Die Axiomatisierung liefern Hilbert-Bernays (1934) im System der von ihnen sogenannten "Positiven Logik". Mitunter werden Teilkalküle angegeben. Der "Beschränkte Aussagenkalkül" von Lukasiewicz und Tarski benützt als einzige Funktion die Implikation, ist also ein echter Teilkalkül der "Positiven Logik". Die "Positive Logik" ist in gleicher Weise ein echter Teilkalkül des vollen zweiwertigen, als auch des intuitionistischen Aussagenkalküls. Der negationslose Aussagenkalkül von Griss (1951) ist dagegen ebenfalls ein echter Teilkalkül der "Positiven Logik". Griss verwendet ebenfalls nur Konjunktion und Implikation, schränkt aber die Bedeutung der letzteren axiomatisch ein. In Sn_3 gilt (übrigens auch im beschränkten Aussagenkalkül) die Formel $q \supset (p \supset q)$. Dieser Satz gilt bei Griss nicht, ebenso die Formel

$(p \wedge (p \supset q)) \supset q$. Läßt man in Sn_3 auch die totale Negation zu, so ist auch die tauschende Negation definierbar: $p \supset \bar{p} \cong \sim p$. Sn_3 geht also sowohl durch Hinzufügung der allaxen (tauschenden) als auch der totalen Negation über in den vollen zweiwertigen Aussagenkalkül.

Rein negative Systeme: In ihnen soll die totale Affirmation nicht vorkommen. Aus diesem Grunde sind alle binären Funktionen ausgeschlossen, für die gilt $f(1,1) = 0$ und $f(0,0) = 1$. Also bleiben folgende Funktionen übrig:

p	q	p∧q	p∨q	p⅃q	p≻q	q≻p	p≻≺q
1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0

und

p	$\bar{\bar{p}}$
1	0
0	0

Das Minimalsystem Sn_1 genügt auch diesen Bedingungen, ist also weder rein positiv noch rein negativ. Es ist das unbestimmte Restsystem, das ürbigbleibt, wenn alle singulären Funktionen ausgeschlossen werden.

Sn_4: Entsprechend zu Sn_2 kann zum Minimalsystem nur die totale Negation hinzugefügt werden. Es gibt nur Kontradiktionen und keine Tautologien.

Sn_5: Es seien alle angeführten Funktionen zugelassen. Hier sowie in Sn_4 können Äquivalenzen, wie schon für Sn_1 ausgeführt, nur metasprachlich ausgedrückt werden. Jede Äquivalenz stellt eine spezielle Ersetzungsregel dar. Es genügt wieder, zwei Funktionen zugrunde zu legen. Wir benützen "∨" (Disjunktion) und "≻" (Non-Implikation). Wir erhalten dann folgende Definitionen:

$\bar{\bar{p}} \cong p \succ p$ (Sn_5 D, 1)
$p \wedge q \cong p \succ (p \succ q)$ (Sn_5 D, 2)
$p ⅃ q \cong q \llcorner p \cong p \cong p \succ (q \succ q)$ (Sn_5 D, 3)
$p \succ\!\prec q \cong (p \succ q) \vee (q \succ p)$ (Sn_5 D, 4)

Diese Definitionen entsprechen direkt den (Sn_3 D, 1-4). Eine Axiomatisierung im Sinne eines Formalsystems aller Tautologien aller Sätze, die immer den Wert 1 haben, ist nicht möglich. Ein hier mögliches System aller Sätze, die immer den Wert 0 haben, ist nicht von Interesse.

Die metasprachliche Regel-Formalisierung: Da überhaupt nur metasprachliche Regeln über die Aussagen unseres Kalküls aufgestellt werden können, kann eine Formalisierung nur im Bereiche der Metasprache erfolgen. Wir bezeichnen diese als eine Metasprache 1. Stufe $\mathfrak{M}_1$. Diese soll in unserem Falle auch als negationslos im Sinne von Sn_3 angenommen werden. Wenn wir über diese Metasprache $\mathfrak{M}_1$ sprechen, müssen wir eine Metasprache 2. Stufe $\mathfrak{M}_2$ verwenden.

$\mathfrak{M}_1$ enthält als Zeichen:

1.) $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \mathfrak{c} \ldots$ Aussagenvariablen, für die alle Aussagen der Objektsprache Sn_5 eingesetzt werden dürfen.

2.) "$\hat{\wedge}$" Konjunktionszeichen, "$\mapsto$" Folgerungszeichen.

Definition: D5: $(\mathfrak{a} \mapsto \mathfrak{b}) \hat{\wedge} (\mathfrak{b} \mapsto \mathfrak{a}) \mapsto (\mathfrak{a} \cong \mathfrak{b})$

D6: $(\mathfrak{a} \cong \mathfrak{b}) \mapsto (\mathfrak{a} \mapsto \mathfrak{b})$

Es gelten folgende Axiome:

A1: $p \vee p \mapsto p$

A2: $p \mapsto p \vee q$

A3: $p \vee q \mapsto q \vee p$

A4: $(r \vee p) \succ (r \vee q) \mapsto p \succ q$

A5: $p \succ q \mapsto p$

A6: $p \mapsto (p \succ (p \succ p)$

Für "$\hat{\wedge}$" und "$\mapsto$" gelten in der Metasprache alle Axiome und Theoreme des normalen zweiwertigen Aussagenkalküls für Konjunktion und Implikation. Diese Axiome und Regeln für $\mathfrak{M}_1$ sollen als bekannt vorausgesetzt werden.

Regeln:

R1: (Einsetzungsregel) Für jede Satzvariable p, q, ... darf jeder beliebige Satz von Sn_5 eingesetzt werden.

R2: (Ersetzungsregel) Für jeden Ausdruck darf ein metasprachlich äquivalenter Ausdruck gesetzt werden.

R3: (Kompositionsregel) $\mathfrak{a} \hat{\wedge} \mathfrak{b} \mapsto \mathfrak{a} \wedge \mathfrak{b}$; $\mathfrak{a} \hat{\vee} \mathfrak{b} \mapsto \mathfrak{a} \vee \mathfrak{b}$

R4: (Schlußregel) Wenn $\mathfrak{a} \mapsto \mathfrak{b}$ gilt und wenn $\mathfrak{c} \succ \mathfrak{d} \mapsto \mathfrak{a} \succ \mathfrak{b}$ gilt, so gilt auch $\mathfrak{c} \mapsto \mathfrak{d}$

R5: (Spezif. Ersetzungsregeln)

a.) Wenn ein Satz p nur auf einer Seite einer Folgerungsbeziehung vorkommt, so kann auf dieser Seite ein Ausdruck der Form $(p \vee q) \succ (p \vee r)$ durch $(p \succ r) \succ (p \succ q)$ ersetzt werden oder umgekehrt.

b.) Wenn $(\mathfrak{a} \succ \mathfrak{b}) \mapsto (\mathfrak{a} \succ \mathfrak{d})$ gilt, so gilt auch $(\mathfrak{a} \vee \mathfrak{d}) \succ (\mathfrak{a} \vee \mathfrak{b})$ und umgekehrt.

c.) Wenn $(p \vee q) \succ (r \vee s) \mapsto (p \vee t) \succ (r \vee u)$, so gilt auch $(r \succ s) \succ (p \succ q) \mapsto (r \succ u) \succ (p \succ t)$.

R5 gilt nur, wenn in keiner der Doppelglieder ein und dieselbe Variable einmal als Vorder- und einmal als Hinterglied auftritt.

III. Charakteristika der zweiwertigen Tabu-Sprache Sn_5

Es gibt nur die beiden Werte 1 und 0. Deuten wir dieselben mit "zugelassen" und "tabu", so folgt aus dem Fehlen einer tauschenden Negation, daß durch keinen Satz mit dem Wert 1 ausgedrückt werden kann, daß ein Satz den Wert 0 hat. Ein Satz p, der möglich ist, hat immer den Wert "tabu": Es gibt innerhalb der Sprache Sn_5 keine Möglichkeit auszudrücken, daß ein bestimmter Satz a den Wert 0 hat, also "tabu" ist.

Es gibt keine Tautologien, - keine Aussagen, die immer den Wert 1 haben. Es gibt Kontradiktionen, - Aussagen, die immer den Wert 0 haben, - also immer tabu sind. Alle Aussagen über die Sprache Sn_5, die in den Metasprachen $\mathfrak{M}_1$ und $\mathfrak{M}_2$ formuliert werden, können von Sn_5 aus gesehen als Regeln angesprochen werden.

Wir geben einige in Sn_5 geltende Theoreme an:

$(r \succ q) \succ (r \succ p) \Mapsto p \succ q$ (Sn_5, 1)

mittels R5a aus A4.

$p \Mapsto p$ (Sn_5, 2)

mittels zweimaliger Anwendung von R4 auf (Sn_5, 1)

$p \Mapsto q \vee p$ (Sn_5, 3)

$q \vee r \Mapsto q \vee (p \vee r)$ (Sn_5, 4)

$q \succ (p \vee r) \Mapsto q \succ r$ (Sn_5, 5)

aus (Sn_5, 4) mittels R5b

$q \succ (r \succ\!\prec q) \Mapsto q \wedge r$ (Sn_5, 6)

(Sn_5, 5) $p/r \succ q$; $r/q \succ r$ und D4, D2

$p \succ q \vee (p \vee r)$ (Sn_5, 7)

(Sn_5, 1), (Sn_5, 3), A2 mittels zweimal R4

$p \succ\!\prec q \cong q \succ\!\prec p$ (Sn_5, 8)

$p \succ q \Mapsto r \vee (p \succ\!\prec q)$ (Sn_5, 9)

aus (Sn_5, 7), D4

$p \wedge q \Mapsto p$ (Sn_5, 10)

$p \succ q \Mapsto p \succ\!\prec q$ (Sn_5, 11)

$(r \wedge q) \succ (r \wedge p) \Mapsto (r \succ p) \succ (r \succ q)$ (Sn_5, 12)

$p \wedge q \Mapsto p \vee (p \succ q)$ (Sn_5, 137

$p \wedge (p \succ q) \Mapsto p \vee (p \wedge q)$ (Sn_5, 14)

$\bar{\bar{p}} \Mapsto \bar{p}$ (Sn_5, 15)

$p \Mapsto p \wedge p$ (Sn_5, 16)

$p \succ\!\prec p \cong p$ (Sn_5, 17)

$p \wedge p \cong p \succ \bar{p}$ (Sn_5, 18)

$(r \wedge q) \succ (r \wedge p) \Mapsto q \succ p$ (Sn_5, 19)

$p \succ\!\prec q \Mapsto p \vee q$ (Sn_5, 20)

$p \wedge (p \succ q) \Mapsto p \succ q$ (Sn$_5$, 21)

wegen (Sn$_5$, 10)

$p \succ q \Mapsto p \wedge (p \succ q)$ (Sn$_5$, 21a)

$p \wedge (p \succ q) \mid\!\equiv p \succ q$ (Sn$_5$, 21b)

Regel: Wenn $\mathfrak{a} \Mapsto \mathfrak{b}$ gilt, so gilt für ein beliebiges p:

$p \succ \mathfrak{a} \Mapsto p \succ \mathfrak{b}$

oder: $p \vee \mathfrak{b} \Mapsto p \vee \mathfrak{a}$ (Sn$_5$, 22)

Wenn $\mathfrak{a} \Mapsto \mathfrak{b}$ gilt, so gilt für ein beliebiges p:

$p \wedge \mathfrak{a} \Mapsto p \wedge \mathfrak{b}$ (Sn$_5$, 23)

aus (Sn$_5$, 19) und R4

Das System ist, wie leicht nachweisbar, widerspruchsfrei und unabhängig. Auf Vollständigkeit im engeren Sinne muß verzichtet werden, da Sn$_5$ ein Teilsystem des zweiwertigen (alternären) Aussagenkalküls ist.

Es ist selbstverständlich möglich, über Sn$_5$ einen Prädikatenkalkül zu entwickeln. Wir verzichten hier auf eine weitere Ausführung, insbesondere weil wir dies für ein umfassenderes Modell einer Tabu-Sprache durchführen wollen.

Wir sind in den bisherigen Beispielen von einer zweiwertigen Sprache ausgegangen, deren Werte wir mit "zugelassen" und "tabu" interpretieren können. Jeder Satz, der zugelassen ist, kann aber außerdem "wahr" oder "falsch" sein. Auf diese Weise erhält man eine dreiwertige Tabu-Sprache mit den Werten "wahr", "falsch" und "tabu". Ein solches System soll in einer späteren Arbeit veröffentlicht werden.

Schrifttumsverzeichnis.

FRAZER, J.GL.: Taboo and the Perils of the Soul, The Golden Bough, Part II, 3 ed. London 1951. - FREUD, S.: Totem und Tabu, Ges. Werke; Das Tabu und die Ambivalenz der Gefühlsregungen, Ges. Werke IX, London, 1940. - FREY, G.: Idee einer Wissenschaftslogik, Grundzüge einer Logik imperativer Sätze, Philos. Naturalis IV, 1957. - GRISS, G.F.C.: Logic of Negationless Intuitionistic Mathematics, Kon.Ned.Akad.v.Wetensch., Proc. of The Sec. of Sciences vol. LIV, Ser. A, 1951, Amsterdam. - HILBERT, D. - BERNAYS, P.: Grundlagen der Mathematik, Bd. 1, Berlin, 1934. - LEVY-BRUHL, L.: Die Seele der Primitiven, N.A., Darmstadt, 1956. - SCHMIDT, H.A.: Math. Gesetze der Logik I, Göttingen-Berlin-Heidelberg, 196o. - WUNDT, W.: Völkerpsychologie Bd. II, Leipzig 19o4.

Eingegangen am 7.2.1962

Berichtigung zu Band 3 Heft 3

Durch das unglückliche Zusammentreffen verschiedener Umstände blieben in Band 3, Heft 3, S. 75 - 84, eine größere Anzahl von Druckfehlern unberichtigt. Es muß heißen:

S. 79, Bild 4: Rückkopplungskreises 3a (statt 3)

S. 80, 7. Z. v. u. Bild 3a (statt Bild 3)

2. Z. v. u. Bild 5 (statt Bild 5a)

S. 81, 1. Z. v. o. $\frac{dy_{o\pm}}{dx_{o\pm}}$ (statt $\frac{dy_{o1,2}}{dx_{o1,2}}$)

4. Z. v. o. $y_o = \varphi(x, y)$ $x_o = \psi(x, y)$ (statt $y_o = (x, y)$ $x_o = (x, y)$)

12. Z. v. o. $\frac{dy_r}{dx}$ (statt $\frac{dy_r}{dx_r}$)

13. Z. v. o. Bild 3b (statt 5b)

S. 82, 9. Z. v. u.

$$x' = a\,x_{o\pm} = \frac{x \pm \frac{v}{c^2}\,y}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$ (statt v^2 im Zähler)

Zusatz des Verfassers bei der Berichtigung: Ist die Bedingung II (S. 81) anstatt für $\frac{dy}{dx} = c$ für $\frac{dy}{dx} = i$ (imaginäre Einheit) erfüllt, so ergibt sich das Additionsprinzip der Tangensfunktion.

Die Autoren von Band 3/1962

Bense, Prof. Dr. Max, 7 Stuttgart, Pischekstr. 63

Frank, Dr. Helmar (Waiblingen), jetzt: 75 Karlsruhe-Durlach, Im Haberacker 3 c

Frey, Prof. Dr. Gerhard, 7 Stuttgart-Degerloch, Schrempffstr. 1o

Gatschetschiladse, Th., Institut für Elektronik, Automatik und Telemechanik der Grusinischen Akademie der Wissenschaften, Tbilisi (Georgien, UdSSR), Uliza Pawlowa 2.

Henkel, Dr. Helmuth (Aix en Provence), jetzt: 74o7 Rottenburg/N., Weilerstr. 3

Moles, Prof. Dr. Andre Abraham, 127 Rue Marcadet, Paris 18.

Schmidt, Prof. Dr. Hermann, 1 Berlin-Charlottenburg 9, Witzlebenplatz 5

Schnelle, Eberhard, 22o2 Barmstedt (Holstein), Küsterkamp

Schwartzkopff, Prof. Dr. J., Zoologisches Institut der Universität 8 München 2, Luisenstr. 14

Steinbuch, Prof. Dr. Karl, 75o5 Ettlingen, Adalbert-Stifter-Str. 4

Tschikoidse, G., Tbilisi (vgl. Gatschetschiladse)

von Cube, Dr. Felix, 7 Stuttgart S, Im Lerchenrain 2o

Wagner, Siegfried W., 75 Karlsruhe, Rintheimer Str. 52

Walther, Dr. Elisabeth, 7 Stuttgart-N, Seestr. 118

Zerzwadse, G., Tbilisi (vgl. Gatschetschiladse)

Inhaltsverzeichnis von Band 3/1962

Heft 1 (Januar)

Heft 2 (April)

Heft 3 (Juli)

Heft 4 (Dezember)

Beiheft

Reden

gehalten

in wissenschaftlichen Versammlungen

und

kleinere Aufsätze vermischten Inhalts

von

Dr. Karl Ernst v. Baer,
Ehrenmitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg.

Erster Theil.

Reden.

Mit dem Bildniß des Verfassers in Stahlstich.

St. Petersburg, 1864.
Verlag der Kaiserlichen Hofbuchhandlung H. Schmitzdorff
(Karl Röttger).

Inhalt.

VORWORT DER SCHRIFTLEITUNG

Eine in "subjektive Zeitquanten" (SZQ) oder "Momente" gerasterte psychologische Zeit spielt in der kybernetischen Literatur und insbesondere in jener der Informationspsychologie eine große Rolle. N. Wiener ("Cybernetics", 1948, S. 165) vermutet einen "zentralen Zeitgeber", der beim Menschen mit der Frequenz des Alpha-Rhythmus (8-12 Hz) verschiedene Gehirnfunktionen synchronisiere. J. Stroud und L. Augenstein (in: Quastler, "Information Theory in Psychology", 1955) betrachten im Einklang damit die Größenordnung 1/10 sec "als kleinstes mögliches Zeitelement der Erfahrung", welches sie "Moment" nennen, da dieses Wort "bisweilen von Dichtern in einem sehr ähnlichen Sinne ... benutzt worden war" (Stroud, a.a. O., S. 180). Daß schon ein Jahrhundert früher K.E. von Baer diesen Begriff einführte und deshalb als Begründer der Momentlehre in die Psychologiegeschichte einging, daß wenig später W. Wundt ("Grundzüge der Physiologischen Psychologie", 1874, S. 754) für "die an sich diskrete Natur unserer Zeitanschauung" argumentierte und die Länge des Moments zu etwa 1/16 sec angab, daß J. von Uexküll ("Theoretische Biologie", 2. Aufl. 1928) und sein Schüler G. Brecher ("Die Entstehung und biologische Bedeutung der subjektiven Zeiteinheit, - des Moments", 1932) im Anschluß an v. Baer und Wundt die wesentlichsten Gedanken Strouds vorwegnahmen, scheint den beiden amerikanischen Autoren unbekannt zu sein.

In anderen einschlägigen Arbeiten, in denen v. Baer immerhin genannt wird, deuten kleine Unkorrektheiten darauf hin, daß die Originalarbeit v. Baers heute noch weniger bekannt als zitiert ist. Die geistvolle Spekulation, die v. Baer darin bereits vor Erfindung des Kinematographen anstellte, schien es uns zu rechtfertigen, die folgende Reproduktion dem kybernetisch interessierten Leser vorzulegen. Dabei begnügten wir uns mit dem (mit neuer Überschrift versehenen) Kernstück des 1860 in St. Petersburg gehaltenen Vortrags und mit knappen Zusammenfassungen der vorangegangenen und folgenden Ausführungen. Wenn der Text v. Baers wenige Seiten über die eigentliche Darstellung der Momentlehre hinaus übernommen wurde, so deshalb, um ihn dort abzubrechen, wo er unmittelbar an ein weiteres Kernproblem der Kybernetik rührt. K.E. v. Baers betrachtet nämlich die Lebewesen nicht chemisch-physikalisch, sondern als "Gedanken", d.h. als Information. Diese Gedanken müssen wie menschliche Gedanken realisiert sein, um mitteilbar zu werden. In beiden Fällen ist der Gedanke mehr als sein stofflicher (Über-)Träger, jedoch ist dem Lebewesen (und hier äußert sich v. Baers vorkybernetische Einstellung!) in vermeintlich prinzipiellem Gegensatz zu den vom Menschen geäusserten Gedanken eine selbständige "Herrschaft über den Stoff" verliehen. Angesichts der Realisierungen gewisser kybernetischer Gedanken in unserer Zeit wird diese Unterscheidung fragwürdig. -

Die Momentlehre K.E. von Baers hat zwar inzwischen mancherlei Bestätigungen erlebt, insbesondere den durch Brecher erfolgten Nachweis verschiedener Moment-Längen bei verschiedenen Lebewesen, stellt jedoch auch heute noch eine keineswegs unumstrittene, konsequenzenreiche Theorie dar. Folgen unsere Erlebnisse tatsächlich in diskreten Zeitabständen wie Filmbilder aufeinander? Das hieße, daß wir zwei aufeinanderfolgende Ereignisse genau dann als aufeinanderfolgend erleben, wenn sie entweder weiter als 1 SZQ auseinanderlagen oder zufällig auf zwei sukzessive "Filmbilder" gerieten. Eine wahrscheinlichkeitstheoretische Anwendung dieser Hypothese auf das statistische Material, das A. Hamlin schon 1895 im "American Journal of Psychology" publizierte, führte den Unterzeichner auf eine Länge des Moments von etwa 1/17 - 1/15 sec. Völlig andersgeartete Experimente (soweit sie mit der bewußten Wahrnehmung von Zeitordnungen zusammenhängen und nicht mit Auswertungen von Zeitordnungen vor der Bewußtseinsebene, wie beim Richtungshören) führen auf dieselbe Größenordnung; z.B. fand Brecher etwa 18 Hz als untere Grenze des Vibrationssinnes, was ungefähr mit der Frequenz des tiefsten hörbaren Tons (etwa 16 Hz) und der unteren Flimmergrenze (Verschmelzungsfrequenz) übereinstimmt. Alle diese Werte entsprechen dem elektroencephalographischen Beta-Rhythmus (14-18 Hz), den man nach H. Rohracher ("Einführung in die Psychologie", 7. Aufl. 1960, S. 39) "als die letzte faßbare organische Grundlage des bewußten Erlebens betrachten muß", während der Alpha-Rhythmus eine Auswirkung des Stoffwechsels im Gehirn sein könnte. Der Zusammenhang zwischen der Momentlehre und der eigentlichen informationspsychologischen Thematik zeigt sich auch in der Vermutung des Unterzeichners ("Kybernetische Grundlagen der Pädagogik - eine Einführung in die Informationspsychologie", 1962), daß unsere Apperzeptionsfähigkeit nach oben durch 1 bit/SZQ begrenzt sei, was mit digitalen Informationsverarbeitungsprozessen zusammenhänge, deren Existenz z.B. durch die Ergebnisse von J. Schwartzkopff (GrKG, Band 3, Heft 4, 1962) wahrscheinlich gemacht wird. - Mit all diesen noch zur Diskussion stehenden Forschungsansätzen hängen die Gedanken Karl Ernst von Baers eng zusammen und verdienen deshalb auch heute noch Beachtung.

Karlsruhe, im November 1962 Helmar Frank

DIE ABHÄNGIGKEIT UNSERES WELTBILDS VON DER LÄNGE UNSERES MOMENTS

Auszug aus dem Vortrag

V.

Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige? und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?

Zur Eröffnung

der

Russischen entomologischen Gesellschaft

im October 1860 gesprochen.

"Die Entomologie hat vor allen Dingen die verschiedenen Formen der Insecten, welche wir Species nennen, zu beachten und zu unterscheiden", beginnt K.E. von Baer die gedruckte Fassung seiner Rede, bedauert aber, daß neben dem "Hochzeitskleide" der Insekten die Beachtung ihrer früheren Entwicklungsstufen vernachlässigt werde. Mit letzteren seien sie dem Haushalt der Natur meist viel stärker eingefügt, indem z.B. die Larven und Puppen der Mücken die Hauptnahrung unserer Süßwasserfische bilden, also einem Nahrungsmittel des Menschen, das in prähistorischer Zeit dessen Existenz erst ermöglichte. Als eine Hauptnahrung der erwähnten Larven werden die Entromostaceen genannt, die sich ihrerseits von Pflanzenresten nähren. Voraussetzung für Fischreichtum sei also die Zufuhr organischer Abfallstoffe in die Flüsse und Seen.

Aber auch auf dem Lande "giebt es keinen Stoff aus dem Pflanzen- und Thierreiche, der nicht seine Kostgänger in der Insectenwelt hätte". Tierleichen und abgestorbene Pflanzen werden von Insektenlarven verzehrt. Trotz der Vielzahl insektenfressender größerer Tiere in heißen Ländern sind die Insekten dort mächtige Diener des "Obscurantismus", indem sie die alten Schriften der Assyrer, Babylonier und vor allem der Inder (deren Literatur nur durch wiederholtes Abschreiben überliefert ist) auffraßen ...

Der Unerfahrene stutzt, wenn er von diesen gegenseitigen Zerstörungen hört; ja, frommer Glaube hat wohl herausgeklügelt, daß es vom bösen Feinde, vom Verderber aller Werke des Schöpfers kommen müsse, daß ein Thier das andere verzehrt, wie überhaupt auch der Tod der Geschöpfe. Kleinlicher Maaßstab, der alle Schöpfung nur in einen Moment zusammendrängt und damit beendet sich denken kann, wobei das einmal Geschaffene endloses und wechselloses Dasein haben müßte, ohne Verjüngung und also ohne Fortschritt. Wo sollte für diese wechsellose Thierwelt der Nahrungsstoff herkommen? Der größte Vorrath müßte im Laufe der Zeiten verzehrt sein. Nein, größer als dieses erstarrte Leben ohne Wechsel ist die wirkliche Welt, wo der Nahrungsstoff selbst eine Zeit lang lebendig ist, häufig allerdings seine Vollendung nicht erreichend, aber ohne Verlust dabei zu erfahren, denn er trägt nur die Forderung in sich, den Augenblick des Daseins zu genießen, nicht die Ansprüche auf ewige Dauer. Und dieser ewige Wechsel des Stoffes, er ist ja das Mittel, den Stoff zu vervollkommnen und zu veredeln. Aus dem Boden, dem Wasser und der Luft zieht die Pflanze die einfachen rohen Stoffe an und verwandelt sie in vegetabilische; aus diesem Zustande gehen sie in vielfachen Stufen in thierische Stoffe über. Der Mensch allein hat die Fähigkeit, diesen organischen Stoffwechsel zu seinem Vortheil zu leiten und so sich schrankenlos auf der Erde auszubreiten. Schrankenlos dürfen wir wenigstens jetzt noch glauben, denn da der Stoffwechsel unter den Tropengegenden sehr viel rascher vor sich geht als in höhern Breiten, so können wir jetzt noch gar nicht berechnen, wie viele Menschen in Gegenden, wo die beiden wichtigsten Agentien für den organischen

Stoffwechsel, Wärme und Feuchtigkeit, in reichlichem Maaße wirksam sind, neben einander sich nähren können.

So hat also der ununterbrochen fortgehende Stoffwechsel auf der Erde zur allgemeinen Folge, daß die rohen unorganischen Stoffe in organische Verbindungen gebracht und durch mehrfache Metamorphose veredelt, zur Verfügung und unmittelbaren Benutzung des Menschen als höchsten Gebildes der irdischen Schöpfung gestellt werden. Der ununterbrochene Wechsel des Stoffes wie die Erneuerung der lebenden Individuen belehrt den Naturforscher, daß die Schöpfung nicht zu denken ist als ein nur auf kurze Zeit wirksamer Act, dessen Product dann auf ewig starr und unveränderlich verharrte, sondern als ein ewig fortgehendes Werden und Vergehen, das aber dennoch zu höhern Zielen führt. Der beobachtende und denkende Naturforscher darf nicht die kümmerliche Forderung an die Natur stellen, welche der Zimmermann an sein mit saurer Mühe ausgeführtes Gebäude macht, daß es, einmal gefertigt, nun auch ausdauere und wenigstens für seine Lebenszeit ihm Herberge gebe. Die lebenden Gebilde der Natur können vergehen und vergehen wirklich, weil sie immer wieder sich erneuern, aber diese Erneuerung ist kein absolutes Neuwerden, sondern die Entwickelung eines Keimes, der ein Theil des früher Lebendigen war; alles übrige dient als Stoff für die immer schaffende Natur. Gewiß, das fortgehende Werden ist nichts anders als eine fortgehende Entwickelung, eine Evolution. Ein Verharren besteht in der Natur gar nicht, wenigstens in den lebenden Körpern sicherlich nicht. Es liegt nur in dem zu kleinlichen Maaßstabe, den wir anlegen, wenn wir in der lebenden Natur ein Verharren wahrzunehmen glauben.

Es verlohnt sich, diesen Satz näher zu erweisen.

In der That kann der Mensch gar nicht umhin, sich selbst als den Maaßstab für Raum und Zeit zu nehmen, und dieser Maaßstab ist nothwendig zu klein, wenn wir ihn an große

Naturverhältnisse anlegen. Für die Maaße des Raumes haben sich sogar die Benennungen nach den Gliedern des Körpers in den verschiedenen Sprachen erhalten, denn wir messen nach Fingerlängen, Spannen, Daumenbreiten, Handbreiten, Fußen, Schritten, Ellen, Klaftern und haben die größern Maaße durch Vervielfachung der angeborenen gefunden. So nannten die Römer tausend lange Schritte*) an einander gereiht ein *Milliarium* (von *mille*, tausend), und davon stammen die Meilen der verschiedenen Völker, die freilich einige größer, andere kleiner machten. Die Russischen Werste sind auch eine Summe von Maaßen des menschlichen Körpers, nämlich des сажень (Klafter), des Maaßes von einer Handspitze zur andern bei ausgestreckten Armen. — Diese von unserm eigenen Leibe genommenen Maaße genügen für unsere nächste Umgebung und die Vervielfältigungen derselben auch für die ganze Erdoberfläche, aber sie werden verschwindend klein, wenn wir das Weltgebäude auch nur so weit auszumessen versuchen, als das Auge reicht. Wenn die Zählungen eines Maaßes zu Millionen, Billionen oder mehr anwachsen, so kann Niemand sie übersehen. Wir haben den Werth so großer Zahlen so selten empfunden, daß sich kein Gefühl für ihr Gewicht entwickelt hat. Deswegen haben die Astronomen sich nach großen Einheiten umgesehen, die, mit geringeren Ziffern gezählt, besser die Distanzen vergleichen lassen. Eine solche Einheit ist die Distanz der Sonne von der Erde — eine Einheit von mehr als 20,000,000 geogr. Meilen. Mit dieser Einheit lassen sich z. B. die verschiedenen Abstände der Planeten von der Sonne sehr wohl vergleichen. — Auch diese Einheit wird noch zu

*) Die Römer bestimmten ihren Schritt nicht so, wie die meisten neuern Völker, nach der Entfernung beider Füße von einander beim Gehen. Zu ihrem Schritte gehörte, daß zuerst ein Fuß vorgesetzt werde und dann auch der andere, während der Leib auf den zuerst vorgesetzten sich stützt. Ihr Schritt enthält also zwei solcher Schritte, nach denen wir gewöhnlich rechnen.

klein, wenn man die Abstände entfernter Fixsterne zu schätzen versucht. Um diese anschaulich zu machen, nimmt man die Bewegung des Lichtes zu Hülfe. — Das Licht bewegt sich mit solcher Geschwindigkeit, daß es von der Sonne bis zur Erde, also für mehr als 20 Millionen Meilen, nur etwas mehr als 8 Minuten braucht. Wenn man also die Zeit, welche das Licht zu seinem Fortschritt braucht, nach Stunden, Tagen, Jahren angiebt, lassen sich auf diese Weise ungeheuere Räume ziemlich anschaulich machen.

Für das Messen der Zeit haben wir von der äußern Natur allerdings einige sehr bestimmte Maaße erhalten, die sich immer wiederholen und sich dem Menschen daher fast mit Gewalt aufdrängen, die Dauer eines Jahres, eines Mondlaufes, die Dauer des Wechsels von Tag und Nacht. Allein die Grundmaaße, um wieder diese Naturmaaße abzumessen, müssen wir doch aus uns selbst nehmen. Wir können gar nicht anders. Ein Tag scheint uns ziemlich lang, weil wir im Verlaufe desselben gar mancherlei thun und noch viel mehr wahrnehmen können. Eine Nacht, die wir im festen Schlafe zugebracht haben, scheint uns nachher sehr kurz gewesen zu sein, aber eine Nacht, die wir schlaflos oder gar unter heftigen Schmerzen durchleben müssen, erscheint uns sehr lang, — weil wir in ihr viel gelitten haben. Völker, die ohne Uhren, also ohne künstliche Zeitmesser leben, pflegen nach Mahlzeiten zu rechnen, also nach der Wiederkehr des Hungers und der Stillung desselben. Das ist schon ein Maaß, das aus dem eigenen Lebensprocesse genommen ist. Man könnte nach Athemzügen messen, doch weiß ich nicht, ob dieses natürliche Maaß bei irgend einem Volke im Gebrauch ist. Aber ich zweifle nicht, daß das kleine Zeitmaaß, welches wir eine Secunde nennen und künstlich bestimmt haben, von unserm Pulsschlage oder Herzschlage genommen ist, denn in einem Manne von vorgeschrittenen Jahren schlägt der Puls ziemlich genau von Secunde zu Secunde. Indessen ist das eigentliche Grund-

maaß, mit welchem unsere Empfindung wirklich mißt, noch kleiner, nämlich die Zeit, die wir brauchen, um uns eines Eindrucks auf unsere Sinnesorgane bewußt zu werden. Daher kann uns eine Secunde lang scheinen, wenn wir in gespannter Erwartung sind. Dieses Zeitmaaß für einen sinnlichen Eindruck ist bei allen Völkern im Gebrauch als Maaßeinheit für die Zeit. Sehr oft ist in der Benennung des kleinsten Zeitmaaßes auch noch der Ursprung desselben kenntlich, am auffallendsten im deutschen Worte „Augenblick", die Zeit für den Blick mit dem Auge. Die Römer nannten das kleinste Zeitmaaß *Momentum*, oder auch *Punctum temporis*. *Punctum* heißt ein Stich, *Punctum temporis* ist vielleicht die Zeit, welche ich brauche, um einen Stich zu empfinden; das Wort *Momentum* leitet man ab vom Zeitworte *movere*, bewegen. Man hat damit wahrscheinlich die Zuckung im Sinne gehabt, die auf einen plötzlichen Stich folgt. Dieses lateinische Wort ist in viele neuere Sprachen übergegangen. Das russische Wort мигъ, die rasche Bewegung des obern Augenlides über dem Augapfel bedeutend, gilt auch für das kleinste Zeitmaaß. Ganz ebenso ist es in einigen anderen Sprachen, wie im Esthnischen *Silmapilk*.

Die Physiker und Physiologen haben versucht, die Zeit zu messen, welche wir brauchen, um eine Empfindung zu haben oder eine rasche Bewegung auszuführen. Es hat sich aber bald gefunden, daß viel auf die Lebhaftigkeit des Eindrucks ankommt, indem der lebhafte Eindruck schneller empfunden wird, aber auch länger anhält. Eine Flinten- oder Kanonenkugel, die uns nahe vorbeifliegt, sehen wir nicht, weil sie an keiner Stelle lange genug verweilt, um einen Eindruck auf unsere Netzhaut hervorzubringen und uns diesen empfinden zu lassen. Ist eine solche Kugel glühend und fliegt sie uns im Dunkeln vorüber, so erscheint sie uns wie ein glühender Streifen, weil der Eindruck, den sie auf Einer Stelle der Netzhaut hervorgebracht hatte, noch nicht aufgehört hat, wenn sie schon fort ist und eine

andere Stelle der Netzhaut reizt. So erscheint uns eine glühende Kohle, die im Kreise gedreht wird, wie ein feuriger Ring, eine abgekühlte Kohle, die ebenso rasch gedreht wird, sehen wir aber nicht, weil der Eindruck der Gegenstände, welche die Kohle in ihrer Bewegung nach einander verdeckt, noch gar nicht aufgehört hat, wenn die Kohle schon wieder fort ist, und sie zu wenig an jedem Orte verweilte, um eine Sinnesempfindung zu erzeugen. Es läßt sich also kein allgemein gültiges Maaß für die Dauer einer Sinnesempfindung geben, da lebhafte Eindrücke schnell aufgefaßt werden, aber lange verweilen. Als mittleres Maaß kann man etwa $^1/_6$ Secunde annehmen, wenigstens $^1/_{10}$. Da nun unser geistiges Leben in dem Bewußtsein der Veränderungen in unserm Vorstellungsvermögen besteht, so haben wir in jeder Secunde durchschnittlich etwa 6 Lebens-Momente, höchstens 10.*) Ohne in diesen etwas schwierigen Gegenstand

*) Die Zeit, welche erfordert wird, damit ein Sinneseindruck uns zum Bewußtsein kommt, muß unterschieden werden von der Zeit, welche ein Eindruck verharrt. Dieses Verharren ist ganz besonders abhängig von der Lebhaftigkeit des Eindrucks. Aber auch die Zeit, welche zur Auffassung erfordert wird, wechselt, wie es scheint, nicht nur nach der Stärke des Eindrucks, sondern auch der Perceptionsfähigkeit der Individuen, denn die Astronomen haben schon lange gefunden, daß nicht alle Beobachter ganz zu derselben Zeit den Pendelschlag einer Uhr oder den Durchgang eines Sternes durch das Fadenkreuz eines Teleskops angeben. Bei fortgesetzten Versuchen, die in dieser Hinsicht angestellt wurden, hat sich ergeben, daß einige Beobachter um einen bestimmten Bruchtheil einer Secunde hinter andern zurückbleiben. Der ausgezeichnete Physiolog Valentin glaubt aus Beobachtungen, die er bei der Correctur seines eigenen Werkes gemacht hat, schließen zu können, daß er zur Auffassung jedes einzelnen Schriftzeichens (Buchstaben) nur 2—4 Tertien im Mittel nöthig habe, d. h. $^1/_{30}$ bis $^1/_{15}$ Secunde, indem er die Anzahl Buchstaben und Interpunctionszeichen zählte, die er in einer bestimmten Zeit lesen konnte. Ich bin nicht in Zweifel, daß diese Maaße zu klein sind. Wir lesen offenbar in einer uns geläufigen Sprache und besonders in einer Schrift, die wir selbst verfaßt haben, und deren Abfassung uns noch erinnerlich ist, nicht einen Buchstaben nach dem andern, sondern ganze Wörter, wenigstens die kleinern ungetrennt. Das giebt Herr Professor Valentin selbst zu, aber

hier tiefer eingehen zu wollen, kommt es mir nur darauf an, anschaulich zu machen, daß die Schnelligkeit des Wahrnehmungs-

---

dann hat ja die Berechnung nach der Zahl der Buchstaben keine Gültigkeit. Man würde nicht so leicht die Druckfehler in der eigenen Arbeit übersehen, wenn man einen Buchstaben nach dem andern zu sehen genöthigt wäre. Zwingt man sich aber dazu, so liest man viel langsamer. Auch scheint es mir offenbar, daß wir eine Druckschrift in einer Sprache, in der wir viel gelesen haben, rascher lesen, als in einer andern, die uns zwar ganz verständlich, in der wir aber weniger gelesen haben und also mit der Form der gedruckten Wörter weniger vertraut sind. Ich glaube mit der Annahme von $1/6$ bis $1/10$ Secunde und besonders mit der letzten Ziffer ziemlich das geringste Zeitmaaß, das für eine gewöhnliche Sinnesperception erfordert wird, angegeben zu haben. Darin bestärkt mich die sehr gewöhnliche Erfahrung, daß Personen, die durch einen Stoß umgeworfen werden, zwar den Stoß empfinden, nicht aber das Fallen auf den Boden, das oft sehr verletzend ist. Man meint gewöhnlich, aus Schrecken seien solche Personen unempfindlich geworden. Mir scheint vielmehr, daß zu jeder Veränderung des Bewußtseins eine bestimmte Zeit erfordert wird, und ich erinnere mich zweier Erlebnisse, die mich darin bestärken. In Astrachan, wo die Straßen nicht gepflastert sind, ging ich spät Abends in einem gekrümmten Hohlwege, als ich einen Schlitten schnell sich nahen hörte. Ich trat so weit zur Seite gegen die Wand des hohlen Weges, als mir möglich war. Dennoch streifte mich die eine Stange des Schlittens nicht schmerzhaft, aber doch deutlich fühlbar. Im nächsten Moment des Bewußtseins fand ich mich gegen die Erdwand geworfen, und ich war sehr erstaunt, als ich mir das Gesicht von Erde reinigen wollte, dasselbe mit Blut bedeckt zu finden. Ich war also vom Stoß umgeworfen, hatte aber das Fallen auf den Boden gar nicht empfunden, obgleich die Haut stellenweise zerrieben war. Noch bestimmter kann ich versichern, daß bei einem andern Erlebniß gar kein Schrecken mich ergriffen hatte, zu welchem auch kein Grund war. Ich fuhr mit einem Gefährten auf einer der hier gewöhnlichen Droschken über einen grubigen Theil der Stadt. Der Kutscher hatte den hier gewöhnlichen Ehrgeiz, ungeachtet der Gruben schnell fahren zu wollen. Plötzlich wurde ich durch einen Stoß des Fuhrwerks gegen eine Grubenwand in die Höhe geworfen. Ich fühlte deutlich, daß ich nicht unterstützt sei; im nächsten Moment fühlte ich ebenso bestimmt, daß etwas Nachgiebiges meine Seite streifte, es konnte nur der sogenannte Flügel der Droschke sein. Der Gedanke, $2^1/_2$ Fuß hoch zu fallen, konnte mich nicht erschrecken. Wenn nur mein Fuß nicht unter dem Leibe bleibt, dachte ich, und im nächsten Momente erkannte ich, daß ich auf dem

vermögens und der darauf erfolgten Reaction das wahre und natürliche Maaß für unser Leben ist. Im Sanguiniker ist die Empfindung und Bewegung rascher als im Phlegmatiker oder im Schläfrigen. Jener lebt also mehr in dem allgemeinen Zeitmaaße, z. B. in einer Stunde. In jenem schlägt aber auch der Puls häufiger als in diesem. Ueberhaupt scheint der Puls in gewisser Beziehung mit der Schnelligkeit von Empfindung und Bewegung zu stehen. Beim Kaninchen folgen sich die Pulsschläge 2 Mal so schnell als beim Menschen und beim Rinde fast 2 Mal so langsam. Sicher erfolgen Empfinden und Bewegung bei jenen Thieren auch viel schneller als bei diesen. Es erleben also die Kaninchen in derselben Zeit bedeutend mehr als die Rinder. Es kam mir besonders darauf an, für die folgenden Bemerkungen die Vorstellung geläufig zu machen, daß das innere Leben eines Menschen oder Thiers in derselben äußern Zeit rascher oder langsamer verlaufen kann, und daß dieses innere Leben das Grundmaaß ist, mit welchem wir bei Beobachtung der Natur die Zeit messen.

Nur weil dieses Grundmaaß ein kleines ist, scheint uns z. B. ein Thier, das wir vor uns sehen, etwas Bleibendes in Größe und Gestalt zu haben, denn wir können es in einer Minute viele hundert Mal sehen und bemerken keine Veränderung. In Wirklichkeit ist es aber doch nicht ganz unverändert geblieben. Nicht nur hat sein Blut sich bewegt, es hat Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgeathmet, es hat durch Transspiration Stoffe verloren, es sind noch andere zahllose kleine Veränderungen in seinem Innern vorgegangen, denn es ist neue Substanz angesetzt, früher gebildete aber aufgelöst, und überhaupt ist es eine Minute lang in der Entwickelung vom Keime zum Tode

Boden lag mit ausgestrecktem Fuße; von der Berührung des Bodens hatte ich aber gar keine Wahrnehmung gehabt. Ich glaube sicher zu sein, daß die auf einander folgenden Vorstellungen keine Aufregung in mir erzeugt hatten. (1864.)

fortgeschritten. Brauchten wir aber einen ganzen Tag, um eine Beobachtung zu machen, so würden wir wohl auch die Veränderungen in seiner äußern Gestalt erkennen, wenigstens an solchen Thieren, die noch in der Entwickelung begriffen sind.

Denken wir uns einmal, der Lebenslauf des Menschen verliefe viel rascher, als er wirklich verläuft, so werden wir bald finden, daß ihm alle Naturverhältnisse ganz anders erscheinen würden. Um die Verschiedenheit, in der sich die ganze Natur darstellen würde, recht auffallend zu machen, wollen wir den Unterschied in der Lebenslänge auch recht groß nehmen. Jetzt erreicht der Mensch ein hohes Alter, wenn er 80 Jahre alt wird oder 29,200 Tage mit den dazu gehörigen Nächten. Denken wir uns einmal, sein Leben wäre auf den tausendsten Theil beschränkt. Er wäre also schon sehr hinfällig, wenn er 29 Tage alt ist. Er soll aber nichts von seinem innern Leben dabei verlieren, und sein Pulsschlag soll 1000 Mal so schnell sein, als er jetzt ist. Er soll die Fähigkeit haben, wie wir, in dem Zeitraum von einem Pulsschlag zum andern 6—10 sinnliche Wahrnehmungen aufzufassen. Er würde gar Manches sehen, was wir nicht sehen. Er würde z. B. einer ihm vorbeifliegenden Flintenkugel, die wir nicht sehen, weil sie zu schnell ihren Ort verändert, um von uns an einer bestimmten Stelle gesehen zu werden, mit seinen Augen und ihrer raschen Auffassung sehr leicht folgen können. Aber wie anders würde ihm die gesammte Natur erscheinen, die wir in ihren wirklich bestehenden Zeitmaaßen lassen. „Da ist ein herrliches leuchtendes Gestirn am Himmel“, würde er in seinem Alter sagen, „das sich erhebt und wieder senkt und dann längere Zeit weg bleibt, aber später doch immer wieder kommt, um Licht und Wärme zu verbreiten, denn ich sehe es schon zum neunundzwanzigsten Male. Aber es war noch ein anderes Gestirn am Himmel, das wurde erst, als ich ein kleines Kind war, und war zuerst ganz schmal und sichelförmig, dann wurde es immer voller und stand länger am

Himmel, bis es ganz rund wurde und die ganze Nacht hindurch leuchtete, zwar schwächer als das Tages-Gestirn, aber doch hell genug, um den Weg deutlich zu sehen. Aber dieses Nacht-Gestirn wurde wieder kleiner und stieg immer später auf, bis es endlich jetzt ganz verschwunden ist. Mit dem ist es also vorbei, und die Nächte werden nun immer dunkel bleiben." Wäre eine solche Meinung nicht sehr natürlich für ein denkendes Wesen, das nur Einen Monat hindurch beobachten und denken konnte und etwa bei Neulicht geboren wurde. Von dem Wechsel der Jahreszeiten könnte ein solcher Monaten-Mensch wohl keine Vorstellung haben; wenigstens aus eigener Erfahrung nicht. Könnte er aber die Erfahrungen seiner Vorgänger benutzen, wie wir die Schriften unserer Vorfahren, so würde er mit Staunen hören oder lesen, daß es Zeiten gegeben haben soll, in denen die Erde ganz mit einer weißen Substanz, dem Schnee, bedeckt war, das Wasser fest wurde und die Bäume keine Blätter hatten, daß es dabei sehr kalt war, später die Wärme wiederkehrte, das Wasser wieder floß und die Erde sich mit Gras, die Bäume mit Blättern bekleideten. Er würde vielleicht eben so bedenklich Zweifel hegen bei diesen Berichten wie wir, wenn man uns erzählt, daß in einem großen Theile der gemäßigten Zone Spuren vorkommen, welche anzudeuten scheinen, daß ganze Länder unserer Zone vor Jahrtausenden mit mächtigen Eislagen bedeckt waren, daß also anhaltende Eiszeiten dort gewesen sein müssen, daß dagegen die Kohlenschichten in Grönland Pflanzenreste enthalten, die nur in einem tropischen Klima gedeihen konnten, daß also einst auch in Grönland sehr warme Zeiten gewesen zu sein scheinen.

Die Annahme einer Lebensdauer von 29 Tagen hat an sich gar nichts Uebertriebenes. Es giebt recht viele organische Wesen, besonders unter den Pilzen und Infusorien, besser *Protozoen* genannt, deren Individuen lange nicht dieses Alter erreichen, und wenn wir in der Insectenwelt nur den vollkommenen Zustand als das volle Leben betrachten, für welches die frühern

Zustände nur als Jugend-Vorbereitungen gelten, so giebt es unter den Insecten recht viele, deren volles Leben dieses Maaß nicht erreicht. Manche Ephemeren leben nur wenige Stunden, ja nur eine Anzahl Minuten, nach der letzten Häutung.

Denken wir uns aber das menschliche Leben noch sehr viel mehr verkürzt, und zwar gleich auf den tausendsten Theil des schon oben verkürzten Maaßes, so würde seine Dauer nur 40, und wenn es hoch kommt 42 Minuten ausfüllen. Bliebe die übrige Natur dabei völlig unverändert, sie würde uns doch wieder ganz anders erscheinen. In den 40 bis 42 Minuten seines Daseins würde der Mensch nicht bemerken können, daß Gras und Blumen wachsen, sie müßten ihm unveränderlich erscheinen. Von dem Wechsel von Tag und Nacht könnte er unmöglich eine Vorstellung während seines Lebenslaufes gewinnen. Vielmehr würde ein Philosoph unter diesen Minuten-Menschen, wenn er etwa um 6 Uhr Abends an einem Sommertage geboren wäre, gegen Ende seines Lebens vielleicht so zu seinen Enkeln sprechen: „Als ich geboren wurde, stand das glänzende Gestirn, von dem alle Wärme zu kommen scheint, höher am Himmel als jetzt. Seitdem ist es viel weiter nach Westen gerückt, aber auch immerfort tiefer gesunken. Zugleich ist die Luft kälter geworden. Es läßt sich voraussehen, daß es bald, nach einer oder zwei Generationen etwa, ganz verschwunden sein wird, und daß dann erstarrende Kälte sich verbreiten muß. Das wird wohl das Ende der Welt sein, oder wenigstens des Menschengeschlechts."

Was könnte aber ein solcher Mensch, der überhaupt nur 40—42 Minuten lebt, von den Veränderungen in der organischen Welt bemerken? Nicht nur der Wechsel der Jahreszeiten müßte ihm ganz entgehen, sondern auch der Entwickelungsgang in den einzelnen Naturkörpern. Wenn er nicht sein halbes Leben (20—21 Minuten) an einer eben aus der Knospe brechenden Blume zubrächte, was selbst für uns langweilig wäre, aber für einen so schnell Beobachtenden, daß 20 Minuten

für ihn eben so viel Werth haben würden wie für uns zwei Mal so viel Jahre, sich gar nicht denken läßt, so müßten ihm Blumen, Gras und Bäume als unveränderliche Wesen erscheinen. Selbst die Bewegung der Thiere und ihrer einzelnen Gliedmaaßen würde er nicht als Bewegung sehen, denn diese wäre für sein rasch auffassendes Auge viel zu langsam, um sie unmittelbar zu sehen. Er würde allenfalls auf sie schließen können, wie wir jetzt die Bewegung der Gestirne am Himmelsbogen nicht unmittelbar sehen, wohl aber erkennen, daß sie nach einiger Zeit von dem Horizonte weiter abstehen oder sich ihm genähert haben, und also auf eine Bewegung schließen, die allerdings nicht in den Himmelskörpern stattfindet, sondern in unserm Horizonte, der sich mit uns bewegt. Die ganze organische Welt würde diesem Menschen leblos erscheinen, wenn nicht etwa ein Thier neben ihm einen Schrei ausstieße, und höchst wahrscheinlich ewig dauernd, — ihm, der doch das Versinken der Sonne voraussagen zu können glaubte und keinen Grund haben konnte, an ihr Wiedererscheinen zu glauben. Wahrhaft lebend würden ihm nur seine Mitmenschen erscheinen; um so mehr müßte ihm ihr wahrscheinlicher Untergang mit dem Schwinden der Sonne zu Herzen gehen. Wie trostlos und langweilig müßte die gesammte äußere Natur auf ihn wirken. Indessen könnte er doch andere Unterhaltung haben, als uns zu Theil wird. Alle Töne, welche wir hören, würden freilich für solche Menschen unhörbar sein, wenn ihr Ohr ähnlich organisirt bliebe als das unserige, dagegen würden sie vielleicht Töne vernehmen, die wir nicht hören, ja vielleicht würden sie sogar das Licht, welches wir sehen, nur hören. Wir hören Körper und mit ihnen die Luft tönen, wenn sie nicht weniger als 14—16, und nicht mehr als 48,000 Schwingungen in einer Secunde, oder zwischen zwei Pulsschlägen eines Erwachsenen machen. Raschere und langsamere Schwingungen hören wir gar nicht. Die raschern unter den wahrnehmbaren nennen wir hohe, die langsameren tiefe

Töne. Indem wir nun die Lebensdauer der Menschen uns sehr verkürzt dachten, zuerst auf den tausendsten Theil etwa, dasselbe aber seine innere Fülle behalten sollte, indem auch die für sinnliche Wahrnehmungen erforderliche Zeit in demselben Maaße verkürzt würde wie alle übrigen Lebenserscheinungen, sollte aber die übrige Natur bestehen, wie sie ist. Ein Ton, der für uns zwischen zwei Pulsschlägen 18,000 Schwingungen macht und der höchste ist, den wir vernehmen können, würde für diese verkürzt lebenden Menschen nur 18 Mal zwischen zwei Pulsschlägen schwingen und zu den sehr tiefen gehören. Wir haben aber für unsere Minuten-Menschen alle Lebensfunctionen noch auf $^1/_{1000}$ des vorigen $^1/_{1000}$, oder überhaupt auf den millionten Theil verkürzt. Ein solcher Mensch würde ohne Zweifel alle Töne, welche wir hören können, nicht hören, sondern nur unendlich viel raschere. Dergleichen scheinen aber wirklich zu bestehen, obgleich wir sie nicht hören, sondern nur sehen. Die Physiker sind nämlich durch die genauesten Untersuchungen über die Natur des Lichtes zu der Ueberzeugung gelangt, daß es in außerordentlich raschen Schwingungen eines Stoffes besteht, der den ganzen Weltraum, so wie alle einzelnen Körper durchdringt, und den sie Aether nennen. Die Schwingungen dieses Aethers werden freilich als so schnell erfolgend berechnet, auf einige hundert Billionen Mal in der Secunde, daß sie für unser Ohr nicht wahrnehmbar sein würden, auch wenn dieses eine Million Mal so schnell hörte, als es wirklich hört. Aber wir könnten die Zeitverkürzung des eigenen Lebens in Gedanken noch weiter treiben, bis diese Aetherschwingungen, die wir jetzt als Licht und Farben empfinden, wirklich hörbar würden, vorausgesetzt, daß ein Organ da wäre, empfindlich genug, um diese Schwingungen wahrzunehmen. Und könnte es in der Natur nicht noch ganz andere Schwingungen geben, die zu schnell sind, um von uns als Schall empfunden zu werden, und zu langsam, um uns als Licht zu erscheinen? Die Wärme,

wenigstens die strahlende, scheint nach den neuesten Untersuchungen in Schwingungen zu bestehen, die weniger rasch sind als die Lichtwellen. Und sollte es nicht noch andere Schwingungen geben, von denen wir nichts wahrnehmen? Es scheint keinesweges widersinnig, so etwas zu glauben. Die Planeten bewegen sich, und unsere Erde unter ihnen, mit ganz ansehnlicher Geschwindigkeit durch den Aether und müssen diesen in Bewegung setzen, aber diese Bewegung ist doch ohne Vergleich langsamer als die des Lichtes. Giebt das nicht vielleicht ein Tönen des Weltraumes, eine Harmonie der Sphären, hörbar für ganz andere Ohren als die unserigen?

Aber lassen wir die Bewegungen, die im Weltall bestehen mögen, ohne von uns wahrgenommen zu werden, bei anderer Organisation aber vielleicht wahrgenommen würden, ganz bei Seite. Es kommt uns jetzt nur darauf an, den sehr ernst gemeinten Beweis zu führen, daß, wenn das uns angeborene Zeitmaaß ein anderes wäre, nothwendig die äußere Natur uns sich anders darstellen würde, nicht bloß kürzer oder länger in ihren Vorgängen und enger oder weiter in ihren Wirkungen, sondern durchaus anders.

Wir haben uns bisher das menschliche Leben im Verhältnisse zur Außenwelt verkürzt und gleichsam in sich verdichtet gedacht. Lassen wir es jetzt umgekehrt sich erweitern. Wir denken uns also, unser Pulsschlag ginge 1000 Mal so langsam, als er wirklich geht, und wir bedürften 1000 Mal so viel Zeit zu einer sinnlichen Wahrnehmung, als wir jetzt gebrauchen: dem entsprechend verliefe unser Leben auch nicht, „wenn's hoch kommt 80 Jahr," sondern 80,000 Jahr. Mit dem veränderten Maaßstabe, den wir aus unsern Lebensprocessen nehmen, wird die ganze Ansicht eine andere sein. Der Verlauf eines Jahres würde dann auf uns einen Eindruck machen, wie jetzt acht und dreiviertel Stunden. Wir sähen also in unsern Breiten im Verlaufe von wenig mehr als vier Stunden unserer innern

Zeit den Schnee in Wasser zerfließen, den Erdboden aufthauen, Gras und Blumen hervortreiben, die Bäume sich belauben, Früchte tragen und die Blätter wieder verlieren. Wir würden das Wachsen wirklich *sehen*, indem unser Auge die Vergrößerung unmittelbar auffaßte; doch manche Entwickelung, wie die eines Pilzes etwa, würde von uns kaum verfolgt werden können, sondern wir sähen die Pflanze erst, wenn sie fertig dasteht, wie wir jetzt einen aufschießenden Springbrunnen, dem wir nahe stehen, erst sehen, wenn er aufgeschossen ist. In demselben Maaße würden die Thiere uns vergänglich scheinen, besonders die niedern. Nur die Stämme der größeren Bäume würden einige Beharrlichkeit haben oder in langsamer Veränderung begriffen sein. Was aber das Gefühl von steter Veränderung am meisten in uns erregen müßte, wäre der Umstand, daß in den vier Stunden Sommerzeit ununterbrochen Tag und Nacht wie eine helle Minute mit einer dunkeln halben wechselte und die Sonne für unser Gefühl in einer Minute ihren ganzen Bogen am Himmel vollendete und eine halbe unsichtbar würde. Die Sonne würde dann wohl, bei der scheinbaren Schnelligkeit ihrer Bewegung, einen feurigen Schweif zu hinterlassen scheinen, wie jetzt die leuchtenden Meteore, die wir Feuerkugeln nennen, einen leuchtenden Schweif haben, wenn sie dem Beobachtungsorte näher als gewöhnlich vorbeifliegen, weil der Eindruck, den der leuchtende Körper an einer Stelle des Himmels auf unser Auge gemacht hat, noch nicht aufgehört hat, bevor wir ihn an einer andern sehen.

Wenn wir das tausendfach verlangsamte Menschenleben noch auf das Tausendfache langsamer annehmen, so würde ihm die äußere Natur wieder ganz anders sich zeigen. Der Mensch könnte im Verlaufe eines Erdenjahres nur 189 Wahrnehmungen haben, denn für jede Empfindung wären fast zweimal 24 Stunden nöthig. Wir könnten den regelmäßigen Wechsel von Tag und Nacht nicht erkennen. Ja, wir würden die Sonne nicht

einmal erkennen, sondern, wie eine rasch im Kreise geschwungene glühende Kohle als leuchtender Kreis erscheint, würden wir den Sonnenlauf nur als leuchtenden Bogen am Himmel sehen, und da der Eindruck eines hellen Lichtes viel länger bleibt als der Eindruck der Dunkelheit, so würden wir das Schwinden des Lichtes in der Nacht nicht wahrnehmen können. Höchstens könnten wir eine regelmäßig wiederkehrende momentane Abschwächung des Lichtes bemerken, besonders im Winter. Wir sähen gleichsam ein continuirliches Wetterleuchten mit zuckendem Lichte, und es ist fraglich, ob solche Menschen Scharfsinn und wissenschaftliche Mittel genug hätten, zu erkennen, daß die Erde durch eine feurig glänzende Kugel erleuchtet wird, die mit großer Geschwindigkeit um sie zu laufen scheint, und nicht, wie der Augenschein aussagen würde, durch einen feurigen Ring, der sich nach den Jahreszeiten hebt und senkt. Den Unterschied der Jahreszeiten würden Menschen dieser Art wohl erkennen, aber als unendlich rasch und vorübergehend, denn in 189 Augenblicken, oder im Verlaufe von 31½ Pulsschlägen wäre der ganze Jahreswechsel vollbracht. Wir sähen in unsern Breiten 10 Pulsschläge (oder 10 innere Secunden) hindurch die Erde mit Schnee und Eis bedeckt, dann etwa 1½ Pulsschlag hindurch Schnee und Eis in Wasser zerrinnen und während 10 anderer Pulsschläge die Erde und Bäume sich begrünen, Blumen und Früchte aller Art treiben und wieder Blätter, Blumen und Früchte schwinden, nachdem sie die Aussaat für das künftige Jahr besorgt haben.

Ich habe absichtlich vermieden, dem Menschen neue und ungekannte Fähigkeiten zu suppeditiren, um Verhältnisse in der Natur zu erkennen, die uns verschlossen sind. Ich habe ihm keinen neuen Sinn zuerkannt, obgleich es unzweifelhaft ist, daß viele Thiere Wahrnehmungen haben, die uns fehlen. Manche Hufthiere wittern in der Steppe aus weiter Ferne ein offenes Wasser. Sie müssen eine große Empfänglichkeit für die Rich-

tung haben, in der Wasserdünste in die Luft sich verbreiten, wofür wir eben so wenig empfindlich sind wie für die feinen Ausdünstungen, die der Spürhund wittert. Nicht einmal die mikroskopischen und teleskopischen Augen der Insecten habe ich dem Menschen geborgt, um mehr zu sehen, als er jetzt sieht, noch weniger habe ich ihm die Fähigkeit zugesprochen, Verdecktes zu erkennen und z. B. der aufgesogenen Bodenfeuchtigkeit mit seinen Augen zu folgen, wie sie etwa im Weinstock von Zelle zu Zelle dringt und zuletzt in der Traube in zuckerhaltigen Stoff sich verwandelt, oder dem Blute, wie es immerfort alle Theile nährt und zugleich von ihnen zehrt. Noch weniger habe ich ihm die Gabe verliehen, in das innerste Wesen der Dinge zu schauen, den Urgrund alles Werdens oder dessen Endziel zu erfassen. Wir haben ganz einfach die Menschen genommen, wie sie sind, und nur gefragt, wie würde ihnen die gesammte Natur erscheinen, wenn sie ein anderes Zeitmaaß in sich trügen. — Es kann nicht bezweifelt werden, daß der Mensch nur mit sich selbst die Natur messen kann, sowohl räumlich als zeitlich, weil es ein absolutes Maaß nicht giebt; die Erdoberfläche scheint ihm sehr groß, weil er nur einen sehr kleinen Theil derselben übersehen kann, doch ist sie sehr klein im Verhältniß zur Sonne oder gar zum Weltgebäude. Hätte der Mensch nur die Größe einer mikroskopischen Monade, so würde ihm, auch wenn er alle Schärfe des Verstandes beibehielte, ein Teich dennoch so erscheinen wie bei seiner jetzigen Größe ein Weltmeer. — Es kann nicht anders sein mit dem zeitlichen Maaße, mit welchem wir die Wirksamkeit der Natur abmessen, da mit dem räumlichen Maaße nur die Ausdehnung meßbar ist. In der That haben wir gesehen, daß, je enger wir die eingeborenen Zeitmaaße der Menschen nehmen, um so starrer, lebloser die gesammte Natur erschiene, bis zuletzt nicht einmal der Wechsel der Tageszeiten wegen Kürze des Lebens beobachtet werden könnte; daß aber, je langsamer unser eigenes Leben verliefe

je größer also die Maaß-Einheit wäre, die wir mitbringen, um so mehr wir ein ewiges Werden mit steter Umänderung erkennen würden, und daß nichts bleibend ist als eben dieses Werden. Die Natur erschiene ganz anders, bloß weil wir selbst anders wären. Welche Ansicht mag nun die richtigere, der Wahrheit näher tretende sein? Ohne Zweifel die, welche aus dem größeren Maaßstabe hervorgeht. Die Natur arbeitet mit unbegränzter Zeit in unbegränztem Raume. Der Maaßstab für ihre Wirksamkeit kann nie zu groß sein, sondern ist immer zu klein.

Es schiene also Alles in der Natur für uns verändert, nur weil wir selbst verändert wären und einen größern Maaßstab mitbrächten. Was hindert uns aber, den Maaßstab noch größer zu nehmen, so groß, daß wir den Wechsel der Jahre mit unsern Pulsschlägen abmäßen? Wir sähen mit jedem Pulsschlage ein Aufblühen, Welken und Vergehen, aber nur der einzelnen Individuen, denn für das künftige Aufblühen sind die Keime immer schon geworfen. Wir sähen aber mit unserer ganzen Lebensdauer eine fortgehende Auflösung der Erdoberfläche, um in den Wechsel der verschiedenen Lebensformen aufgenommen zu werden. Wir würden dann nicht mehr zweifeln, daß alles Bestehen nur vorübergehend ist, denn selbst am leblosen Gestein nagt der Zahn der Zeit, wie man zu sagen pflegt, oder richtiger, es nagen die physischen Kräfte, welche der Luft, dem Wasser, der Wärme, dem Lichte inwohnen. Wir werden nicht anstehen, zu erkennen, daß nach diesem großen Maaßstabe alles Beharren nur Schein, das Werden, und zwar in der Form der Entwickelung, aber das Wahre und Bleibende ist, wodurch alles Einzelne vorübergehend erzeugt wird. In dieser Veränderlichkeit sind aber doch bleibend und unveränderlich die Naturgesetze, nach denen die Umänderungen geschehen. Die Schwere wirkt so, wie sie von Anbeginn gewirkt hat, die Luft nimmt eben so das Wasser auf, wenn sie erwärmt wird, und

läßt es fallen, wenn sie sich abkühlt. In diesen Naturgesetzen würde keine Veränderung sich nachweisen lassen. Es ist nur das Stoffliche, was veränderlich ist, und vergänglich sind nur die einzelnen Formen, die der veränderliche Stoff oder die Kraft annimmt, nicht der Stoff an sich. Dieser scheint eben so unvergänglich wie die Kraft an sich, aber beide bestehen gesondert nur in unserm Denkvermögen. Sie sind nur Abstractionen unseres Verstandes. In der Wirklichkeit besteht kein Stoff ohne Eigenschaften (Kräfte), so wie wir keine Kraft kennen, die nicht aus Stoffen wirkte. Beide aber sind veränderlich, und die Naturgesetze sind die bleibenden Nothwendigkeiten, nach denen sie sich verändern.

Wir können uns nicht die Vergänglichkeit aller körperlichen Individuen lebhaft vorstellen, ohne uns ängstlich zu fragen: wird denn auch das Geistige, das wir in uns als unser Ich fühlen, vergehen oder bleibend sein? Ich weiß eben so wenig als Sie, meine Herren, unter welcher Form es wird bestehen können, allein wir alle tragen die Sehnsucht nach Unsterblichkeit in uns, und dieses auf die Zukunft gerichtete Bewußtsein, wie man jene Sehnsucht nennen könnte, dürfen wir wohl als eine Garantie gelten lassen, wenn wir auch nur auf dem Gesichtskreis des Naturforschers beharren. Erlauben Sie mir aber, daß ich bekenne, daß mir, je älter ich werde, um so mehr auch als Naturforscher der Mensch, seinem innersten Wesen nach, von den Thieren verschieden scheint. Körperlich ist er ein Thier, ganz unleugbar, aber in seiner geistigen Anlage und der Fähigkeit, geistige Erbschaft zu empfangen, steht er zu hoch über den Thieren, um ernstlich ihnen gleich gestellt werden zu können. Der Inbegriff seines Wissens, Denkens und Könnens ist ihm nicht angeboren, sondern eine Erbschaft, die er durch die Sprache von seinen Nebenmenschen und der ganze Reihe der Vorfahren allmählig erhält. Wo ist ein Thier, das eine geistige Erbschaft sich erworben hätte? Seine Fertigkeiten erhält es

als Aussteuer von der Natur. Der Mensch erhielt die Fähigkeit der Sprache und damit die Möglichkeit der geistigen Erbschaft von seinen Nebenmenschen und Vorfahren. Der Mensch allein hat sich Eigenthum und damit Fortschritte in seinen socialen Verhältnissen erworben.

Eine andere Aussteuer noch erhielt der Mensch: das mehr oder weniger lebhafte Gefühl von einem höhern Wesen, ich meine das Bedürfniß der Gottes-Anbetung. So roh auch der Mensch sein mag, er ist nicht ohne einige Form von Glauben oder Aberglauben. Der Neger im Innern Afrika's macht sich erst seinen Fetisch, dann betet er ihn an und richtet Wünsche an ihn. Das mag uns vielleicht kindisch erscheinen, aber ich leugne nicht, mir scheint es ehrwürdig und tröstend. Ohne anthropologisch die verschiedenen Formen des menschlichen Aberglaubens durchzugehen, ohne aus den Jahrbüchern der Geschichte nachweisen zu wollen, wie mächtigen Einfluß die Formen des Glaubens auf die Entwickelung der Völker gehabt haben, stehe ich nicht an, als Naturforscher die Ueberzeugung auszusprechen, wie dem Thiere der Instinct angeboren ist, ein Gefühl von der gesammten Natur und ihren Gesetzen, die das Thier nöthigt, seine Thätigkeit so einzurichten, daß sie für die Erhaltung seiner selbst und seiner Art zweckmäßig wird, so dem Menschen das Gefühl für etwas Höheres, Unvergängliches, über der körperlichen Natur Stehendes. Dieses ursprünglich wohl nur dunkle Gefühl ist der Magnet, der ihn vom zweibeinigen Thiere zum Menschen erhoben hat, der aber auch die Verheißung enthält, daß er in näherer Beziehung zum Ewigen steht.

„Aber ist denn das Geistige in uns wirklich etwas Selbstständiges? ist es nicht ein Spiel der Nervenfäserchen, das wir aus Vorurtheil für selbstständig und für unser eigentliches Ich halten?“ hört man jetzt wohl fragen, weniger von Naturforschern als von Dilettanten, die sich für sehr weise halten. Einem Solchen kann man nur antworten: Wer das Bewußt-

sein der eigenen Selbstständigkeit nicht in sich trägt oder sich durch sophistischen Zweifel abdisputiren läßt, dem dasselbe wiedergeben zu wollen, verlohnt sich nicht.

Aber ein Gleichniß darf man wohl geben, wie verschieden die Urtheile ausfallen können, und selbst begründete Urtheile, verschieden nach den Standpunkten und Gesichtspunkten. Es hört Jemand in einem Walde ein Horn blasen, und je nachdem er ein lebhaftes Allegro oder ein schmelzendes Adagio gehört hat, wird er vielleicht auf einen muntern Jäger oder auf einen zartsinnigen Musiker schließen, die er aber nicht sehen kann. Er wird sich vielleicht besinnen, ob er dieselbe Melodie nicht schon einmal gehört hat, aber daß sie sich selbst abgespielt habe, wird ihm gar nicht in den Sinn kommen. Indem er die Melodie in sich zu wiederholen strebt, tritt zu ihm eine Milbe, die in dem Horne saß, als man anfing es zu blasen. „Was Melodie, was Adagio! Dummes Zeug!“ spricht sie. „Ich habe es wohl gefühlt. Ich hatte eine stille und dunkle, gewundene Höhle gefunden, in der ich ruhig saß, als sie plötzlich von einem schrecklichen Erdbeben erschüttert wurde, erregt durch einen entsetzlichen Sturmwind, der mich aus der Höhle hinaus schleuderte.“ „Thorheit!“ ruft eine gelehrte Spinne, die in *physicis* gute Studien gemacht und den Doctorhut *cum laude* sich erworben hat, „Thorheit! Ich saß auf dem Horne und fühlte deutlich, daß es heftig vibrirte, bald in rascheren, bald in langsameren Schwingungen, und Ihr wißt, daß ich mich auf Vibrationen verstehe; fühle ich doch die leiseste Berührung meines Netzes, wenn ich auch tief in meinem Observations-Sacke sitze.“ Sie hat recht, die gelehrte Spinne, in ihren subtilen physikalischen Beobachtungen. Auch die Milbe hat richtig beobachtet, nur hatten beide kein Verständniß für die Melodie gehabt.

Ein zweites Bild! Gesetzt, wir fänden mitten in Afrika ein Heft Noten, das von Livingstone oder einem andern

kühnen Reisenden verloren wäre. Wir zeigen es einem Neger-Häuptling oder einem Buschmann, der noch nichts Europäisches gesehen hat, und fragen ihn, wofür er das halte. „Das sind trockne Blätter“, wird er vielleicht sagen, oder sonst irgend ein Wort seines Sprach- und Vorstellungs-Schatzes gebrauchen, mit dem man flache Körper von geringer Dicke bezeichnet. Wir reisen weiter und kommen zu einem Hottentotten, der einigen, wenn auch nur mittelbaren Verkehr mit Europäischen Colonisten hat. „Das ist Papier“, wird er sagen, und wenn er solches Papier nicht schon oft gesehen hat, so wird es ihm vielleicht auffallen, daß auf demselben so viele grade Striche und schwarze Punkte sind. Er wird vielleicht eine Zauberformel vermuthen. Wir kommen später zu einem Europäischen Colonisten, einem Boer. — Er wird nicht in Zweifel sein, daß es Noten sind, aber weiter reicht seine Einsicht nicht. Wir treffen endlich in der Capstadt einen ausgebildeten Tonkünstler und fragen den, was das sei? Dem wird gar nicht einfallen, daß er erst sagen sollte, ob das geschriebene Musik sei. Er wird die Musik sogleich lesen, in sich reproduciren und uns sagen: „Das ist Mozart's Ouverture zur Zauberflöte oder Beethoven's Symphonie in dieser oder jener Tonart.“

So verschieden ist die Auffassung desselben körperlichen Gegenstandes nach der Bildungsstufe der Beobachter. Die ersten hatten keine Ahnung davon, daß Musik bildlich dargestellt werden könne, vermochten also auch nicht, sie zu sehen; der dritte wußte davon, hatte aber keine Uebung, die Musik zu lesen; der Tonkünstler las sogleich die musikalischen Gedanken und erkannte sie als ihm schon bekannt. — So ist es mit der Beobachtung des Geistigen. Wer nicht Neigung und Verständniß zur Erkenntniß des Geistigen hat, mag es unerforscht lassen; nur urtheile er nicht darüber, sondern begnüge sich mit dem Bewußtsein seines eigenen Ich. Ja, der Naturforscher hat eine gewisse Berechtigung, vor der Gränze des Geistigen stehen zu

bleiben, weil hier der sichere Weg seiner Beobachtungen aufhört und seine treuen Führer, der Maaßstab, die Waage und der Gebrauch der äußern Sinne, ihn hier verlassen. Nur hat er nicht das Recht, zu sagen: Weil ich hier nichts sehe und nichts messen kann, so kann auch nichts da sein, oder: Nur das Körperliche, Meßbare hat wirkliche Existenz, das sogenannte Geistige geht aus dem Körperlichen hervor, ist dessen Eigenschaft oder Attribut. Er würde im letzteren Falle ganz so urtheilen wie der Hottentotte, der wohl Striche und Punkte sah, aber nichts von Musik, oder wie die gelehrte Spinne, welche die Vibrationen des Horns gezählt, aber die Melodie nicht gehört hat. Doch war in beiden Fällen das Geistige, der musikalische Gedanke, das Ursprüngliche, zuerst Erzeugte, Bedingende, zu dessen äußerer Darstellung und Wahrnehmbarkeit erst später geschritten wurde. Denn sicherlich waren diese Tonstücke in der Phantasie der Künstler lebendig geworden, bevor der eine das Horn ergriff, um durch Vibrationen desselben das seinige hörbar zu machen, und der andere das Papier, um mit längst gewohnten und verständlichen Zeichen das seinige sogar dem Auge sichtbar darzustellen.

Indem ich hier, vor Ihnen, meine Herren, die gewählten Gleichnisse benutzend, die Ueberzeugung ausspreche, daß auch in den Producten der Natur das Geistige, Thätige, das wir außer uns nicht unmittelbar beobachten können, das Primäre ist, das, um sinnlich wahrnehmbar zu sein, verkörpert wird, so kann ich diese Ueberzeugung auch nur mittheilbar machen, indem ich mit meinen Stimmorganen Laute hervorbringe, deren Bedeutung uns verständlich und geläufig ist, soweit wir die gewählte Sprache verstehen. Sicher aber ging die innerliche Ausbildung des musikalischen und des wissenschaftlichen Gedankens ihren sinnlichen Darstellungen voraus, und nicht aus den einzelnen Tönen wurde erst die Melodie oder aus den einzelnen Wörtern der Gedanke, sondern die einzelnen Töne und einzelnen Sprach-

laute wurden in der Reihe hervorgebracht, welche nothwendig war, um die Melodie und den Gedanken vernehmbar zu machen. Ohne den Willen und die Fähigkeit der Darstellung wären Melodie und Gedanke nicht zur äußern Erscheinung gekommen. Einmal mittheilbar geworden, können sie aber auch künftig noch oft wiederholt werden, obgleich die körperliche Darstellung schnell vorüberging.

Erinnern wir uns nun, was wir von den lebenden Individuen unserer Erde wissen und von jenen langsam lebenden Menschen, die wir uns früher dachten, noch mehr bestätigt gehört haben, daß alle lebenden Individuen verschwinden, nachdem sie einen Entwickelungs-Proceß durchgemacht haben, daß sie aber, wenn sie nicht in dieser Entwickelung gewaltsam unterbrochen wurden, Keime für ganz gleiche Entwickelungs-Processe ausgestreut oder befruchtet, d. h. zur Entwickelung befähigt haben. Bleibend sind also die Formen der Lebens-Processe; was sie bilden, geht immer wieder zu Grunde, wie bei jeder Darstellung einer Melodie oder eines Gedankens jede einzelne Darstellung bald vorüber ist, aber, einmal dargestellt, leicht vervielfältigt wird. Muß man nicht die Lebens-Processe der organischen Körper mit Melodien oder Gedanken vergleichen? In der That nenne ich sie am liebsten die Gedanken der Schöpfung; ihre Darstellung oder Erscheinung in der Körperwelt ist nur darin von der Darstellung eines Tonstückes oder eines Gedankens verschieden, daß der Mensch die letztern nicht so darstellen kann, daß sie sich selbstständig verkörpern und einen gesonderten Leib gewinnen. Er muß jedes einzelne Glied nach dem andern hörbar oder sichtbar machen, indem er die umgebenden Stoffe mit ihren Eigenschaften, wie sie eben sind, benutzt, um jedes Glied zu verkörpern. Der organische Lebens-Proceß aber, immer zwar an Stoffe gebunden, wenn auch im Keime an sehr wenige, entwickelt sich, indem er immerfort den Leib sich selbst weiter baut, wozu er die einfachen Stoffe aus

der äußern Natur in sich aufnimmt. Er formt sich aber seinen Leib aus und baut ihn um nach seinem eigenen Typus und Rhythmus. Dafür ist er aber auch ein Gedanke der Schöpfung, von dem sich unsere Gedanken, seien sie musikalische oder wissenschaftliche, darin unterscheiden, daß wir diesen die Herrschaft über den Stoff nicht mitgeben können.

Wie die "Gedanken der Schöpfung ... gleichsam nach eigener Melodie und Harmonie die rohen Stoffe combiniren, so werden wir auch wohl den Instinct", der in keiner anderen Tierklasse eine solche Vielfalt von Erscheinungsformen aufweise, wie bei den Insekten, "als etwas Unmittelbares zu denken haben". An mehreren Beispielen sucht v. Baer nachzuweisen, daß das Instinktverhalten nicht aus der Körperbeschaffenheit des instinktbegabten Tiers hervorgehe, sondern sich zu dieser ähnlich verhalte wie eine Arie zu dem Klavier, auf dem sie abgespielt werde. "Was wir in der Musik Harmonie und Melodie nennen, ist hier (d.h. beim "Lebens-Process"; d. Red.) Typus (Zusammensein der Theile) und Rhythmus (Aufeinanderfolge der Bildungen)."
Die Entomologie sei nach allem in besonderem Maße geeignet, die "materialistische Ansicht der Naturverhältnisse" zu überwinden, die durch "die Entdeckungen der neuern Zeit über die chemischen und physikalischen Vorgänge im organischen Lebensprocesse auf einen großen Theil der gebildeten oder für gebildet sich haltenden Welt gewirkt" habe, ohne daß ihr Einfluß allgemein und bleibend sein könne, weil sie "in Zeiten der Bedrängniß" dem Bedürfnis des Menschen nicht genügen könne. -

Richtlinien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.

En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne deuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et, si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.

La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doît être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.

Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.

If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.

Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.